UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización de la subrasante de la carretera acceso a Atipayan en la progresiva 65+200 al 67+100, adicionando ceniza de madera de eucalipto 6%, 8%, 10% - Huaraz-Ancash – 2023”

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Rurush Toscano Gianmarco Jhonatan

Asesor:

Salazar Sánchez, Dante

Código ORCID: 0000-0003-2710-3416

Huaraz – Perú

2023

	Pág.
Índice general	i
Índice de tablas	iii
Índice de figuras	iii
Palabras clave	iv
Constancia de originalidad	v
Titulo	vi
Resumen	viii
Abstract	viiix
Introducción	1
Metodología	39
Resultados	43
Análisis y Discusión	51
Conclusiones	54
Recomendaciones	55
Referencias bibliográfica	57
Anexo	64

Índice de tablas

Tabla 1	*Índice de plasticidad de la arcilla norma ASTM*	11
Tabla 2	*Categoría de subrasante del CBR*	19
Tabla 3	*Número de calicatas para la exploración de suelos*	20
Tabla 4	*Número de ensayos de relación de soporte (CBR) según el tipo de carretera*	21
Tabla 5	*Clasificación de suelo según tamaño de partículas*	30
Tabla 6	*Conceptualización y operacionalización de las variables*	37
Tabla 7	*Guía de la ficha técnica de la Observación en Campo*	40
Tabla 8	*Análisis Termogravimétrico*:	43
Tabla 9	*Análisis Calorimétrico:*	43
Tabla 10	*Análisis de composición Química expresada en óxidos.*	44
Tabla 11	*Análisis de Composición Química Elemental*	45
Tabla 12	*Prueba de PH*	45
Tabla 13	Análisis granulométrico del agregado	46
Tabla 14	*Determinación del contenido de humedad*	48
Tabla 15	*Resultados*	48
Tabla 16	*Resultados*	48
Tabla 17	*RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR*	49
Tabla 18	*Determinación de Contenido de Humedad y Densidad Máxima*	49
Tabla 19	*RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR*	49
Tabla 20	*Determinación de Contenido de Humedad y Densidad Máxima*	49
Tabla 21	*Relación De Soporte De California – CBR*	49
Tabla 22	*Determinación de Contenido de Humedad y Densidad Máxima*	50
Tabla 23	*RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR*	50

Índice de figuras

Figura 1:	Capas del suelo	8
Figura 2:	Clasificación de suelos	9
Figura 3:	Sistema clasificación ASSHTO	10
Figura 4:	Suelo arcilloso	11
Figura 5:	Propiedades de limos y arcillas	12
Figura 6:	Carreteras	13
Figura 7:	Carretera no pavimentada	17
Figura 8:	Clasificación de los suelos	24
Figura 9:	Estabilización de los suelos	25
Figura 10:	Puzolanización	29
Figura 11:	Contenido de humedad	31
Figura 12:	Límites de Attreberg	32
Figura 13:	Ensayos California Bearing Ratio CBR	34
Figura 14:	Curva Granulométrica	47
Figura 15:	Curva Granulométrica	47

Palabras clave

Tema	Estabilización de la subrasante
Especialidad	Pavimentos

Keywords:

Theme	Subgrade Stabilization
Specialty	Pavements

Línea de Investigación

Línea de Investigación	Estructuras
Área	Ingeniería Civil
Sub área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

Constancia de originalidad

USP UNIVERSIDAD SAN PEDRO | VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado **"Estabilización de la subrasante de la carretera acceso a Atipayan en la progresiva 65+200 al 67+100, adicionando ceniza de madera de eucalipto 6%, 8%, 10% - Huaraz-Ancash - 2023"** del (a) estudiante: **RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN**, identificado(a) con Código N° **1411200331**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **30%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CUpara la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 28 de noviembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. JAVIER MARTINEZ CARRIÓN
VICERRECTOR

NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Titulo

“ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023”

Resumen

En la investigación se realizó un estudio de la subrasante en la estabilización de la carretera Atipayan en las progresivas 65+200 al 67+100 KM, adicionando ceniza de madera de eucalipto a 6%, 8%, 10%, para ello se excavó a cielo abierto la calicata 1 y se recolectó muestra de la zona más crítica.

Se desarrolló con una metodología a nivel de investigación explicativo porque se verifica la hipótesis de trabajo experimental, con un diseño experimental ya que se manipula la muestra patrón adicionando la ceniza de madera del eucalipto.

El principal resultado se consiguió un tipo de suelo arcillosa limosa, obteniendo la máxima densidad seca de 1.792 g/cm3 y el contenido de humedad óptimo es de 13.3%, el CBR al 100% se obtuvo de 6.4%, y al 95% se obtuvo 4.6%, así mismo, se añadió las proporciones de ceniza de eucalipto (6%, 8% y 10%); es por ello que adicionando al 10% se obtuvo la mejor estabilización de la subrasante. Teniendo densidad máxima seca 1.786gr/cm3 y el CBR de 20.5%, logrando que al adicionar el 10% de la ceniza de eucalipto a la muestra reduce la plasticidad en un 6.19%, ya que en la muestra patrón fue de 15.89% y al adicionar el estabilizante (10% de ceniza de eucalipto) se redujo en 9.7%. Por ende, la ceniza de eucalipto es un patrón primordial en la estabilización de la subrasante ya que alcanza mejor resultado en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, cumpliendo las exigencias de las normativas de carreteras el EG-2013 Y CE.010.

Abstract

In the investigation, a study of the subgrade was carried out in the stabilization of the Atipayan highway in the progressive 65+200 to 67+100 KM, adding eucalyptus wood ash at 6%, 8%, 10%, for this purpose a pit 1 was opened and a sample was collected from the most critical area.

It was developed with a methodology at the explanatory research level because the experimental working hypothesis is verified, with an experimental design since the standard sample is manipulated by adding eucalyptus wood ash.

The main result was a type of silty clay soil, obtaining the maximum dry density of 1,792 g/cm3 and the optimal moisture content is 13.3%, the CBR at 100% was obtained at 6.4%, and at 95% it was obtained. 4.6%, likewise, the proportions of eucalyptus ash (6%, 8% and 10%) were added; That is why by adding 10% the best stabilization of the subgrade was obtained. Having maximum dry density of 1.786gr/cm3 and CBR of 20.5%, achieving that adding 10% of eucalyptus ash to the sample reduces plasticity by 6.19%, since in the standard sample it was 15.89% and at adding the stabilizer (10% eucalyptus ash) will reduce by 9.7%. Finally, eucalyptus ash is a fundamental standard in the stabilization of the subgrade since it achieves better results in the physical and mechanical properties of the soil, meeting the requirements of the road regulations EG-2013 and CE.010.

.

I. Introducción

La construcción de carreteras en suelos arcillosos es común y requiere soluciones específicas para garantizar la durabilidad y la seguridad de las vías, por ello, se debe considerar alternativas y estrategias para mejorar las propiedades de estos suelos la adición de materiales estabilizadores como cemento, cal o productos químicos estabilizadores al suelo arcilloso para mejorar sus propiedades mecánicas y aumentar su capacidad de soportar cargas. Estos materiales reaccionan con la arcilla, mejorando la cohesión y la resistencia del suelo, instalación de drenaje el agua es un factor crítico en la estabilidad del suelo arcilloso. La instalación de sistemas de drenaje, como zanjas o tuberías perforadas, puede ayudar a controlar el exceso de humedad y prevenir problemas como la expansión y contracción del suelo, colocación de geotextil se pueden utilizar para separar capas de suelo y mejorar la capacidad de carga. También pueden ayudar a controlar la erosión y mejorar la estabilidad, técnicas de compactación específicas la compactación controlada del suelo es esencial. Se deben utilizar técnicas que se ajusten a las características específicas del suelo arcilloso para lograr la densidad adecuada y minimizar la posibilidad de asentamientos seguimiento y evaluación: Es importante llevar a cabo un monitoreo continuo antes, durante y después de la construcción para evaluar la efectividad de las medidas tomadas y realizar ajustes si es necesario.

Es fundamental que la pavimentación se adapte a las condiciones del suelo local según las normativas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La presente investigación de estudio está ubicada en localidad de ATIPAYAN – HUARAZ, distrito Huaraz, provincia Huaraz, departamento Ancash.

Antecedentes

Internacionales:

Checa, B. (2022). La propuesta de investigación se centra en optimizar la capacidad de soporte a nivel de subrasante del suelo blando ubicado al sur de la ciudad de Quito. La propuesta consiste en utilizar bolsas de polietileno fundido en estado líquido como agente estabilizador. Estas bolsas, una vez solidificadas en forma de peletizado, se incorporarán al suelo de subrasante en diferentes dosificaciones: 3%, 6%, 9%, 12% y 15% con respecto al peso seco del suelo natural. El estudio comenzó con la determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante mediante la toma de una muestra patrón. Luego, se realizaron ensayos mecánicos utilizando ensayo Proctor Modificado y CBR para categorizar la subrasante en su estado natural. Posteriormente, se incorporaron las bolsas de polietileno fundido al suelo de subrasante en las diferentes dosificaciones mencionadas. Se llevaron a cabo ensayos adicionales para determinar las propiedades mecánicas del suelo mejorado, y el ensayo CBR se destacó como fundamental para evaluar la capacidad de soporte del suelo tratado, el análisis de este estudio permitirá determinar la influencia de las bolsas de polietileno fundido en el diseño estructural del pavimento flexible. La variación de las dosificaciones de polietileno fundido proporcionará información crucial sobre cómo la adición de este agente estabilizador afecta las propiedades mecánicas del suelo y, por ende, su capacidad de soporte. En conclusión, este estudio no solo busca mejorar las propiedades del suelo de subrasante, sino también proporcionar información valiosa para el diseño de pavimentos flexibles, teniendo en cuenta la influencia de las bolsas de polietileno fundido como agente estabilizador. Este enfoque innovador puede tener aplicaciones prácticas en la ingeniería geotécnica y la construcción de carreteras.

Cobos, M. & Peralta, J & Ortegon, C (2019). Su investigación fue de nivel descriptivo correlacional, determinó el comportamiento de un suelo volcánico al agregarle ceniza de cáscara de coco y cisco de café, la capacidad portante del suelo volcánico consolidado fue después de realizar ensayos, el suelo volcánico consolidado no tiene la capacidad portante

suficiente para soportar cargas específicas, al realizarse la granulometría con secado al horno al 50% y con humedad natural clasificó el suelo según el sistema unificado de clasificación de suelos (sucs) como sm (suelo limoso), se determinaron los límites de atterberg, encontrando un límite plástico del 52,22%, y un límite líquido del 87,81%, y un índice de plasticidad del 35,58%, indicando que el suelo es limoso y presenta alta plasticidad, se realizaron ensayos de compactación tanto con secado al horno a 50°c como con humedad natural. la última prueba mostró una humedad óptima del 3% y una densidad máxima seca de 10,167 gr/cm³, al realizar el ensayo de cbr en muestras húmedas y agregando un 15% de biomasa, se obtuvieron porcentajes promedio de compactación superiores al 100%. esto sugiere que la suma de ceniza de cáscara de coco y cisco de café mejora las propiedades del suelo y actúa como un material conglomerante. Se concluyó que la ceniza de cáscara de coco y cisco de café funcionan como materiales conglomerantes, mejorando las propiedades del suelo volcánico. estos materiales podrían ser utilizados para fortalecer el suelo y aumentar su capacidad portante.

Camelo, A. & Gonzáles, H. (2021). Realizó una investigación cuyo objetivo fue evaluar las propiedades resilientes de una capa subrasante estabilizada con ceniza volante en un pavimento flexible convencional, se llevó a cabo una revisión literaria que abarcó estudios realizados por diversos autores locales e internacionales. Estos estudios se centraron en pruebas de laboratorio específicas relacionadas con las propiedades mecánicas de estabilización de suelos mediante la adición de cenizas volantes y/o cal, para evaluar la influencia del aporte estructural, se utilizó el software de modelación de elementos finitos Abaqus, que permitió realizar un análisis elástico lineal multicapa de las propiedades resilientes en un pavimento flexible convencional, especialmente al estabilizar la capa subrasante con diferentes dosificaciones de ceniza y cal. Los resultados obtenidos del análisis indicaron mejoras en las deformaciones verticales a nivel de subrasante y en el nivel de servicio de la vía cuando se emplearon las diferentes dosificaciones de cal y ceniza. Estos hallazgos sugieren que la estabilización con ceniza volante puede tener un

impacto positivo en las propiedades resilientes del pavimento flexible, lo que podría traducirse en beneficios para la durabilidad y el rendimiento de la carretera.

Nacionales:

Victoria, M. (2022). Su investigación tuvo como propósito evaluar la influencia de la incorporación de ceniza de hojas de eucalipto en la estabilización de la subrasante. Se llevaron a cabo dosificaciones del 3%, 7% y 11% con el objetivo de proporcionar alternativas para abordar el problema de inestabilidad del suelo y mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante; el enfoque de la investigación fue aplicado, con un diseño experimental-cuasi experimental y de enfoque cuantitativo. El nivel de análisis fue explicativo. La población y muestra seleccionadas fueron la calle Luceros de Francia, utilizando un muestreo no probabilístico y la técnica de observación, con un instrumento de ficha técnica. Los resultados indicaron que, con respecto al primer objetivo específico, la incorporación de ceniza de hojas de eucalipto resultó en una disminución del índice de plasticidad de 37% en comparación al suelo patrón. En cuanto al segundo objetivo específico relacionado con la compactación, se observó una disminución en el contenido de humedad y un aumento en la densidad máxima en comparación con el suelo patrón. Con respecto al tercer objetivo específico, la resistencia mejoró en un 65% en comparación con el suelo patrón.

Leonardo, A. & Daniel, U. (2020). Su estudio fue evaluar el efecto de la ceniza de cáscara de arroz en diferentes porcentajes (4%, 7% y 10%) para mejorar la resistencia del suelo a nivel de subrasante, este estudio utilizó diversas medidas cuantitativas, como la granulometría, este análisis proporcionó información sobre la distribución de tamaños de partículas en el suelo, lo que es importante para comprender la textura y las propiedades del suelo, Proctor modificado un ensayo que evalúa la compactación óptima del suelo en función a la humedad y la energía de compactación, el CBR (california bearing ratio) este índice mide la resistencia al corte del suelo y es fundamental en ingeniería de carreteras para evaluar la capacidad de carga, utilizando los resultados de los indicadores del suelo, el estudio buscó determinar mejor la cantidad de ceniza de cáscara de arroz para mejorar

las propiedades de la subrasante. Además, de la dosificación del estabilizador, el estudio probablemente buscó identificar el contenido de humedad óptimo para lograr las propiedades mecánicas requeridas del suelo.

Brayan, O. (2022). En la investigación se dio a conocer el objetivo de evaluar la influencia de adición de ceniza de hojas de eucalipto (CHE) y cenizas de tallo de muña (CTM) en la estabilización de la subrasante del camino vecinal PU-1065, ubicado en la ciudad de Puno. Se utilizó una metodología de tipo cuantitativo aplicada, con un diseño cuasiexperimental y nivel explicativo. La población fue el camino vecinal PU-1065 y se tomaron 4 calicatas del tramo km 00+500 al km 04+500 utilizando un muestreo no probabilístico. Los resultados obtenidos para la muestra C-1, con dosificaciones de CHE y CTM del 3%, 5% y 7%, mostraron los siguientes valores de CBR a 0.1" al 95% D.M.S de la muestra patrón: sin adición 4.2%, con 3% (2%CHE+1%CTM) 5.4%, con 5% (3%CHE+2%CTM) 6.6% y con 7% (4%CHE+3%CTM) 8.2%. Para la muestra C-2, con las mismas dosificaciones de CHE y CTM, se obtuvieron los siguientes valores de CBR: sin adición 26.1%, con 3% (2%CHE+1%CTM) 27.8%, con 5% (3%CHE+2%CTM) 30.1% y con 7% (4%CHE+3%CTM) 32.5%. Como conclusión, se encontró que en las muestras C-1 y C-2, la adición de ceniza de eucalipto influye favorablemente en la mejora de la estabilización de la subrasante. Es importante destacar que en la calicata C-1, al adicionar 5% (3%CHE+2%CTM) y 7% (4%CHE+3%CTM), el CBR superó el mínimo permitido según la Tabla 44 del manual de carreteras del MTC (2014), lo que indica una mejora significativa en la estabilidad.

Locales:

Cadillo, I. (2021). Su investigación fue determinar la influencia de la adición de ceniza de tuna en la estabilización de la subrasante de la carretera Tinco – Ataquero, el suelo natural se recolectó de la zona más crítica, la ceniza de tuna se obtuvo mediante la calcinación de fibras a una temperatura de 135°c, se utilizaron diferentes dosificaciones de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%), el diseño de investigación fue explicativo, con un tipo de estudio aplicado, se realizó en la carretera Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash, la población fue el tramo de la carretera, la muestra fueron las calicatas del suelo de la

carretera seleccionada y se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia. Los Resultados indicaron el tipo de suelo CL: Arcillas limosas inorgánicas, máxima densidad seca inicial de 1.85 gr/cm3 y óptimo contenido de humedad del 7.61%, CBR inicial de 5.51%, la adición de ceniza de tuna (6%) mejoró la estabilización con una máxima densidad seca de 1.92 gr/cm3 y CBR de 8.62%. en conclusión, la adición del 6% de ceniza de tuna redujo el Índice de Plasticidad en un 8.51%, las cenizas de tuna actúan como agente estabilizante, mejorando propiedades físicas y mecánicas del suelo limo arcilloso para su uso como subrasante y los resultados cumplen con los requisitos de normativas viales (EG-2013 y CE. 010)

Atoche, C. & Solorzano, I. (2022). el objetivo de la investigación fue determinar la influencia de la adición de ceniza de tuna en la estabilización de la subrasante de la carretera Tinco - Ataquero. El suelo se recolectó de la zona más crítica y la ceniza de tuna se obtuvo mediante la calcinación de fibras a una temperatura de 135°C. Se utilizaron diferentes dosificaciones de ceniza de tuna (4%, 6% y 8%). El diseño de investigación fue explicativo, con un tipo de estudio aplicado. Se llevó a cabo en la carretera Tinco - Ataquero, ubicada en Carhuaz, Ancash. La población de estudio fue el tramo de la carretera y la muestra consistió en las calicatas del suelo de la carretera seleccionada. Se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Obteniendo de resultado que el tipo de suelo era CL: arcillas limosas inorgánicas, se determinó una máxima densidad seca inicial de 1.85 gr/cm³ y un contenido óptimo de humedad del 7.61%. El CBR inicial fue de 5.51%. La adición de ceniza de tuna al 6% mejoró la estabilización, obteniendo una máxima densidad seca de 1.92 gr/cm³ y un CBR de 8.62%. concluyendo que, la adición del 6% de ceniza de tuna redujo el Índice de Plasticidad en un 8.51%. Las cenizas de tuna actúan como agente estabilizante, mejorando las propiedades físicas y mecánicas del suelo limo arcilloso para su uso como subrasante. Los resultados obtenidos cumplen con los requisitos de las normativas viales (EG-2013 y CE. 010).

Huerta, W. (2022). En su investigación utilizó un diseño cuasiexperimental de tipo aplicado, la población se representó por 23 km del caserío de Mojón, se realizaron 3 muestras de exploración de campo (C-01, C-02, C-03), proporcionando porcentajes de

grava, arena, finos, y contenido de humedad (CH) para cada muestra, las muestras fueron clasificadas según la clasificación SUCS como CL, ML y ML. se utilizó el Proctor modificado para analizar las tres muestras en laboratorio, obteniendo valores de MDS, CH y CBR para cada muestra, y se identificaron los valores más críticos para cada muestra, aplicándose la dosificación con Nacl al 7% y 13%, lo que resultó en un aumento del 23% y 25.5%, respectivamente, mejorando la capacidad portante del suelo de la subrasante y la dosificación al 7% y 10% de cenizas volantes mostró mejoras de 23.8% hasta 26.3% en la capacidad portante del suelo. Los resultados indican que el valor de significancia fue menor a 0.05 (0.013), lo que indica que se puede concluir que el Nacl y las cenizas volantes mejoran la subrasante.

Fundamentación Científica

El método científico es un enfoque sistemático y metódico para investigar fenómenos naturales, probar hipótesis y obtener conocimiento confiable sobre el mundo que nos rodea. Se compone generalmente de varios pasos, que pueden incluir la observación, la formulación de una hipótesis, la recopilación de información, el procesamiento de datos y las conclusiones. (Borja Suárez, 2012 pág. 8) Se buscó la comprobación empírica de una hipótesis. Esto significa que las afirmaciones y teorías científicas deben someterse a pruebas y verificación a través de la evidencia, obtenido a través de la experimentación y la observación.

EL SUELO

La composición del suelo incluye materia orgánica, minerales, agua y microorganismos como bacterias. Esta combinación de elementos contribuye a la diversidad y complejidad de los suelos en diferentes regiones. Crespo (2004), p.18.

La clasificación de los suelos en grupos basados en propiedades de la dimensión de partículas y plasticidad es fundamental para comprender su comportamiento y sus características. La capacidad para retener agua y su respuesta a modificación en la humedad y densidad son aspectos clave que afectan su uso y manejo, especialmente en la agricultura y la construcción.

Figura 1: Capas del suelo

Fuente: Geoplaneta.net

MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos de granos gruesos, con menos del 50% que pasa por la malla N° 200, se clasifican como grava (G) o suelo gravoso (S.G) y los suelos de grano fino, con un 50% o más que pasa por la malla N° 200, se clasifican según la naturaleza de los granos C: arcilla M: limo inorgánico, inorgánica, O: limo y arcilla orgánica, Pt: turbas, lodos y suelos con alto contenido de materia orgánica y el Sistema de Clasificación AASHTO, similar al SUCS, clasifica los suelos en función de las propiedades mecánicas y el comportamiento, se utiliza letras y números para indicar la clasificación. Por ejemplo, A-1, A-2, A-3, etc., para suelos con características específicas. Los suelos de granos gruesos se clasifican en grupos G, y los de grano fino en grupos A, M, o C, según su contenido de arcilla, limo o arena. (Das 2013), p.82.

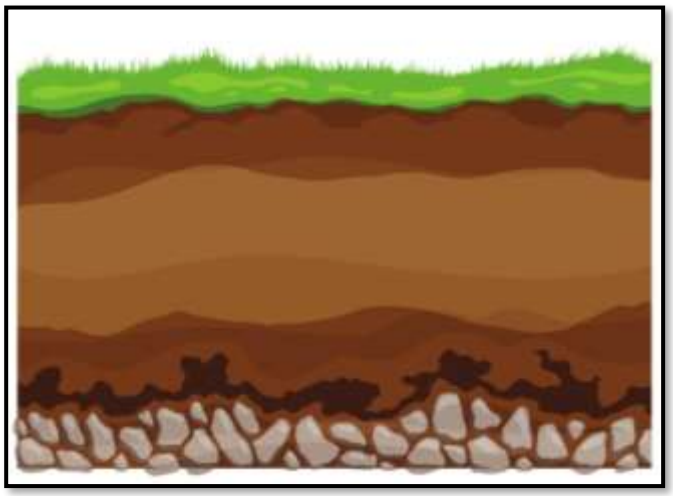


Figura 2: Clasificación de suelos

Fuente: Ecología verde

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO

Es un método utilizado para clasificar los suelos con el fin de proporcionar información sobre sus propiedades de ingeniería, especialmente en diseño y construcción de carreteras, fue desarrollado este sistema en 1929 y ha sido modificado y actualizado a lo largo de los años.

En el sistema AASHTO, los suelos son clasificados en siete principales grupos, designados en grupos A-1, A-2 y A-3 (son materiales granulares, menos del 35% de las partículas pasan por la malla No. 200, principalmente compuestos por arena y grava). y los Grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 (más del 35% de las partículas pasan por la malla No. 200, suelos formados por materiales tipo limo y arcilla, estos suelos tienen propiedades más finas y son menos permeables que los grupos A-1 al A-3) La designación A-4 indica suelos arcillosos, mientras que A-5, A-6 y A-7 se utilizan para suelos limosos y arcillosos con diferentes proporciones de finos. (Das, 2013, p.78).

Clasificación General	Material Granular							Material limo arcillosos			
Grupos	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5 A-7-6
% pasante #10 #40 #200	 50% máx 30% máx 15% máx	 50% máx 25% máx	 35% máx	 35% máx	 35% máx	 35% máx	 51% mín 10% máx	 36% mín	 36% mín	 36% mín	 36% mín
Características del material que pasa por el tamiz #40 LL Ip	 6% máx	 6% máx	 40% máx 10% máx	 41% mín 10% máx	 40% máx 11% mín	 41% mín 11% mín	 N.P.	 40% máx 10% máx	 41% mín 10% máx	 40% máx 11% mín	 41% mín 11% mín
Ig	0	0	0	0	4 máx	4 máx	0	8 máx	12 máx	16 máx	20 máx
Tipo de material	Fragmentos pétreos de gravas y arenas		Gravas y arenas, limosas y arcillosas				Arena fina	Suelos limosos		Suelos arcillosos	

Figura 3: Sistema clasificación ASSHTO

Fuente: Ingeniería geotecnia

SUELO ARCILLOSO

Los suelos arcillosos presentan características particulares debido a su composición de partículas de diámetro inferior a 0.005 mm y su sensibilidad al contacto con el agua.

El CBR es un índice comúnmente usado para examinar la resistencia de un suelo, cuando la sub-rasante muestra un CBR $\leq$ 6%, se considera inadecuada, lo que puede requerir medidas de estabilización. Además, la presencia de suelos con elevadas humedades o suelos de rellenos no controlados también puede motivar la necesidad de estabilización.

Las opciones de mejora para suelos inadecuados pueden incluir la estabilización mecánica, la sustitución del suelo de cimentación o la estabilización con productos químicos. La elección entre estas opciones dependerá de un estudio detallado de las condiciones específicas del suelo en cuestión. Es interesante señalar que la importancia de identificar suelos como limos, arcillas, arenas limosas o arcillosas al considerar las estrategias de estabilización, cada tipo de suelo puede requerir un enfoque diferente para lograr la estabilidad deseada en el proyecto de construcción de carreteras. (Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC, 2014, p.94)

Figura 4: Suelo arcilloso

Fuente: Suelo arcilloso

Tabla 1 Índice de plasticidad de la arcilla norma ASTM

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
$IP > 20$	**Suelo muy arcilloso**
$20 > IP > 10$	**Suelo arcilloso**
$10 > IP > 4$	**Suelo poca arcillosa**
$IP = 0$	**Suelos exentos de arcilla**

Fuente de Origen: Manual de Carreteras sección Suelos y Pavimentos

PROPIEDADES DE LIMOS Y ARCILLAS

Las propiedades y características distintivas de los suelos arcillosos y limosos, son importantes para comprender su comportamiento y aplicaciones. Resistencia en estado seco, referido a la capacidad del suelo para conservar su integridad cuando está seco y en arcillas, la resistencia en estado seco suele ser superior en comparación con los suelos limosos.

Tenacidad: Evalúa la plasticidad del suelo, es decir, su capacidad para cambiar de forma y mantener esa forma y se realiza creando rollitos de 1/8 de pulgada o 3 milímetros.

Sedimentación o dispersión, Este proceso implica fraccionar y triturar el suelo, luego mezclarlo con agua y dejar que repose en un depósito de vidrio, la arena se deposita rápidamente, el limo en minutos u horas, y la arcilla puede tardar horas o incluso días en depositarse debido a su menor tamaño de partícula.

Brillo del suelo: se determina frotando el suelo húmedo en una superficie plana con una navaja, una superficie brillante indica la presencia de arcillas, mientras que una superficie de color mate sugiere la presencia de limos. (Ruano, 2012, p. 39).

Figura 5: Propiedades de limos y arcillas

Fuente: Propiedades físicas y químicas del suelo

CARRETERAS

El diseño geométrico de una carretera es esencial para garantizar un tránsito seguro y eficiente de vehículos, la pendiente longitudinal, se refiere a la inclinación a lo largo del eje de la carretera; la pendiente longitudinal adecuada es esencial para el drenaje del agua y para garantizar una visibilidad adecuada; la pendiente transversal es inclinación lateral

de carretera ayuda al drenaje del agua de lluvia hacia los lados de la carretera, evitando acumulaciones y posibles problemas de seguridad; sección transversal se refiere a la forma y dimensiones de la carretera en un corte transversal perpendicular a su eje incluye la anchura y la altura de la carretera, la superficie de rodadura es parte destinada al contacto directo con las ruedas de los vehículos la textura y calidad de superficie son esenciales para la seguridad y el confort del viaje. Según el Manual de Carreteras: DG-2018 (p.10)

También tener en cuenta otros elementos, como curvas, intersecciones, accesos, señalización, iluminación, entre otros, para garantizar la funcionalidad y seguridad integral de la carretera. Además, la normativa y los manuales, como el DG-2018 proporcionan pautas específicas para el diseño de carreteras, adaptadas a las condiciones específicas de cada ubicación.

Figura 6: Carreteras

Fuente: Diseño geométrico de carreteras

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS

Se realiza tomando en cuenta diversos factores, que permite la aplicación de características puntuales de acuerdo a la importancia de la carretera estudiada, (MTC) del año 2014.

A. POR SU FUNCIÓN.

Sistema Nacional: compuesto por carreteras de las principales ciudades del país con puertos y fronteras, la autoridad sobre este sistema recae en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

Sistema Departamental: consta de una red vial que se encuentra principalmente dentro de los límites de un departamento, la autoridad de este sistema a cargo de consejos regional de administración temporales.

Sistema Vecinal o Rural: conformado por carreteras de carácter local tiene como función principal articular las capitales de provincia con los distritos y centros poblados. Este tipo de sistema de carreteras se centra en facilitar la conectividad y accesibilidad dentro de áreas rurales, vinculando los diferentes niveles de administración, como las municipalidades.

Estos sistemas forman una jerarquía de infraestructura vial que abarca desde las conexiones nacionales hasta las locales, con diferentes niveles de autoridad a cargo de su gestión y administración. García en 2015 (p.6).

B. POR SU DEMANDA

1. Autopistas de Primera Clase:

- IMDA: Mayor a 6,000 vehículos/día.
- Calzadas: Divididas con un separador central mínimo de 6.00 m.
- Carriles: Dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
- Control de Accesos: Total (sin cruces o pasos a nivel).

- Puentes Peatonales: Obligatorios en zonas urbanas.
- Superficie de Rodadura: Pavimentada.

2. Autopistas de Segunda Clase:

- IMDA: Entre 6,000 y 4,001 vehículos/día.
- Calzadas: Divididas con un separador central (variable hasta 1.00 m).
- Carriles: Dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
- Control de Accesos: Parcial (pueden tener cruces o pasos a nivel).
- Puentes Peatonales: Permitidos en zonas urbanas.
- Superficie de Rodadura: Pavimentada.

3. Carreteras de Primera Clase:

- IMDA: Entre 4,000 y 2,001 vehículos/día.
- Calzada: Dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo.
- Control de Accesos: Puede tener cruces o pasos a nivel.
- Puentes Peatonales: Recomendados en zonas urbanas.
- Superficie de Rodadura: Pavimentada.

4. Carreteras de Segunda Clase:

- IMDA: Entre 2,000 y 400 vehículos/día.
- Calzada: Dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo.
- Control de Accesos: Puede tener cruces o pasos a nivel.
- Puentes Peatonales: Recomendados en zonas urbanas.
- Superficie de Rodadura: Pavimentada.

5. Carreteras de Tercera Clase:

- IMDA: Menor a 400 vehículos/día.
- Calzada: Dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo (posibilidad de carriles de 2.50 m con sustento técnico).

- Soluciones Posibles: Básicas o económicas, estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas, micro pavimentos, o afirmado.

6. Trochas Carrozables:

- IMDA: Menor a 200 vehículos/día.
- Calzada: Ancho mínimo de 4.00 m.
- Ensanches: Plazoletas de cruce cada 500 m.
- Soluciones Posibles: Estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas, micro pavimentos, afirmado o sin afirmar.

Estas clasificaciones proporcionan pautas para el diseño de carreteras y están basadas en el volumen de tráfico, el tipo de separación entre calzadas y el ancho de carriles. Es importante seguir estas directrices para garantizar la eficiencia y seguridad en la planificación y diseño de las carreteras. según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones). Pág. 12 al 14.

CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

El principal desafío al diseñar y mantener estas carreteras es la gestión del polvo, que puede variar según la región, el tráfico y la calidad de la capa granular. La presencia de polvo en las carreteras no pavimentadas no solo puede afectar la visibilidad y la calidad del aire, sino también tener impactos en salud y medio ambiente circundante. Los métodos para controlar el polvo en las carreteras incluyen el riego con agua, riegos con cloruros o aditivos, aplicación de productos asfálticos, y el uso de cemento, cal u otros productos químicos. Estas estrategias son comunes para abordar el problema del polvo en las vías.

La elección del método de control de polvo dependerá de diversos factores, como la disponibilidad de recursos, las condiciones climáticas locales y la infraestructura existente. Además, es importante considerar la sostenibilidad y los posibles impactos ambientales asociados con cada método.

Figura 7: Carretera no pavimentada

Fuente: El comercio

PAVIMENTOS

Es una estructura diseñada para soportar y distribuir las cargas generadas por el tráfico vehicular. Está compuesto por varias capas, cada una con funciones específicas, y se construye en la sub-rasante del suelo para proporcionar una superficie firme y duradera para la circulación de vehículos.

COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

El pavimento se define como una estructura compuesta por capas horizontales superpuestas. Montejo (2002)

1. **Capas del Pavimento:** consta típicamente de la carpeta de rodadura, sub-base y base, todas apoyadas sobre la sub-rasante.
2. **Funciones de las Capas:** Distribución de tensiones: Las capas distribuyen las tensiones de la parte superior y las reducen a valores aceptables para las capas inferiores.
3. Resistencia: Cada capa debe ser lo suficientemente resistente para soportar las cargas sin deformarse.
4. **Estructura de Pavimento para Carreteras Convencionales:** generalmente consta de tres capas principales: sub-rasante, sub-base y base. Cada una de estas capas cumple un papel específico en la resistencia y estabilidad del pavimento.

5. **Estructura de Pavimento para Caminos de Bajo Tránsito:** en caminos de bajo tránsito donde la construcción de un pavimento convencional no sería económicamente viable. Estos caminos suelen estar ubicados en áreas rurales o zonas con un tráfico vehicular limitado. Las capas granulares proporcionan una base sólida y resistente para el tráfico ligero a moderado.
6. **Detalles de las Capas Estructurales:** Sub-rasante: Capa inferior sobre la que se apoya todo el pavimento, Sub-base: Capa que contribuye a la distribución de tensiones y proporciona soporte adicional, Base: Capa superior que sirve como plataforma para la carpeta de rodadura.

SUBRASANTE

Para MTC (2014, p.20), sirve de base sobre la construcción del pavimento, y su capacidad para soportar la carga del tráfico es fundamental. El valor del Índice de Resistencia California (CBR) y la expansión máxima son criterios importantes para determinar la idoneidad de la subrasante. Si estos valores no cumplen con los estándares requeridos, se deben considerar diferentes técnicas de estabilización para ampliar la capacidad de carga y prevenir daños a la carretera. Las opciones de estabilización del suelo, el reemplazo del suelo de pavimentación, la estabilización química, el uso de geosintéticos, elevación de la subrasante o ajustes en el trazo vial, son estrategias comunes para abordar problemas de subrasante deficiente.

Este enfoque integral, considerando tanto la naturaleza del suelo como factores técnicos y económicos, es esencial para garantizar la eficacia a largo plazo de las carreteras y la seguridad del tráfico.

Tabla 2 Categoría de subrasante del CBR

CATERGORIA DE SUBRASANTE	CBR
S0: SUBRASANTE INADECUADA	CBR < 3%
S1: SUBRASANTE INSUFICIENTE	CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: SUBRASANTE REGULAR	CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: SUB-RASANTE BUENA	CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: SUB-RASANTE MUY BUENA	CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: SUB-RASANTE EXCELENTE	CBR ≥ 30%

Fuente de Origen: Manual de carreteras Suelos, Geología y Pavimentos, Sección suelos y pavimentos del MTC, 2014

CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE

La caracterización de la subrasante es fundamental en el diseño de carreteras, ya que proporciona información sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo que sustentará la estructura de la carretera, se hicieron calicatas de 1.5 metros para obtener muestras representativas del suelo en la subrasante, la profundidad de las calicatas permite examinar diferentes capas del suelo y evaluar su comportamiento a lo largo de la profundidad, La cantidad de calicatas necesarias por kilómetro en la construcción de carreteras puede variar según diversos factores, y el tipo de carretera es uno de los elementos clave. Este enfoque ayuda a obtener una representación adecuada de la variabilidad del suelo a lo largo de la longitud de la carretera, se debe consultar la Tabla 3 del Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014)

Tabla 3 Número de calicatas para la exploración de suelos

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD	NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS
Autopista: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	Calzada de 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		Calzada de 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		Calzada de 4 carriles por sentido
Carreteras duales: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	Calzada de 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido.
		Calzadas de 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		Calzadas de 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras de 1° Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000 – 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	4 calicatas x km
Carreteras de segunda clase: Carreteras con un IMDA entre 2000 – 401 veh/	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto.	3 calicatas x km
Carreteras de 3° clase: Carreteras con un IMDA Entre 400 – 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	2 calicatas x km
		1 calicatas x km

Carreteras de bajo transito: Carretera con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.		

Fuente de origen: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

REGISTRO DE EXCAVACIONES

El proceso de registro de excavaciones según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos del MTC del año 2014, Realizar excavaciones en el área de interés de acuerdo con los requisitos del proyecto, de cada calicata, obtener 32 muestras representativas de los estratos encontrados, crear una ficha para cada muestra con la siguiente información, ubicación de la calicata, espesor de los estratos, características de gradación de los estratos, estado de compactación, número de muestra, profundidad de cada muestra; posteriormente colocar cada muestra en bolsas adecuadas para preservar su integridad y etiquetar claramente cada bolsa con la información relevante de la muestra, extraer muestras representativas de la sub-rasante para realizar ensayos de CBR. La cantidad de ensayos está determinada por el tipo de carretera tal como se visualiza en la siguiente tabla.

Tabla 4 Número de ensayos de relación de soporte (CBR) según el tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	N° CBR
Autopista: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	Calzada de 2 carriles por sentido: 1CBR x km x sentido Calzada de 3 carriles por sentido: 1 CBR x km sentido Calzada de 4 carriles por sentido: 1CBR x km x sentido
Carreteras duales: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas	Calzada de 2 carriles por sentido: 1CBR km x sentido

separadas, cada una con dos o más carriles.	Calzada de 3 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
Carreteras de 1°Clase: Carreteras con un IMDA entre 4000 – 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	Calzada de 4 carriles por sentido: 1CBR x km x sentido Cada 1km se realizará un CBR
Carreteras de segunda clase: Carreteras con un IMDA entre 2000 – 401 veh/día, de una calzada de dos carriles	Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de 3° clase: Carreteras con un IMDA entre 400 – 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de bajo transito: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente de origen: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos

SUBBASE

Es un componente de estructura de pavimento, se encuentra compuesta por material de soporte con un Índice de Soporte Califórnia (CBR) mayor o igual al 40%. Permite reducir el espesor de la capa base, lo que puede contribuir a la eficiencia en el uso de materiales y costos y distribuye uniformemente la carga ejecutada por el tráfico hacia la subrasante. Además, sirve como un elemento de drenaje y evitar recolección de agua sobre el pavimento y ayuda a prevenir hinchamientos en el pavimento al evitar la infiltración de agua.

BASE

Tiene una función estructural en la carretera. Su papel principal es absorber la carga transmitida por el tráfico vehicular y distribuir uniformemente las cargas absorbidas a la sub-base y, a través de esta, al terreno de fundación. Esto contribuye a la estabilidad y durabilidad general de la carretera.

La base está compuesta por un material granular con soporte especificada de capacidad. En este caso, se menciona que debe tener una capacidad de soporte CBR (California Bearing Ratio) igual o superior al 80%. Alternativamente, la base puede ser tratada con asfalto, cemento o cal.

CAPA GRANULAR

La capa granular se utiliza en carreteras no pavimentadas que no están sometidas a un tráfico elevado, su función es absorber y repartir adecuadamente las tensiones del tráfico y evitar deformaciones excesivas en el terreno. puede estar compuesta por materiales propios, es decir, aquellos presentes en el sitio de construcción, o por material de préstamo, que se trae de fuera. Debe cumplir con los requisitos especificados por el Manual de Carreteras no Pavimentadas del MTC (2008) para garantizar un desempeño adecuado.

En caso de que la capa granular no cumpla con los estándares requeridos, se pueden emplear técnicas de estabilización. Esto implica mejorar las propiedades del suelo mediante la adición de agentes estabilizadores, como cal, cemento u otros materiales.

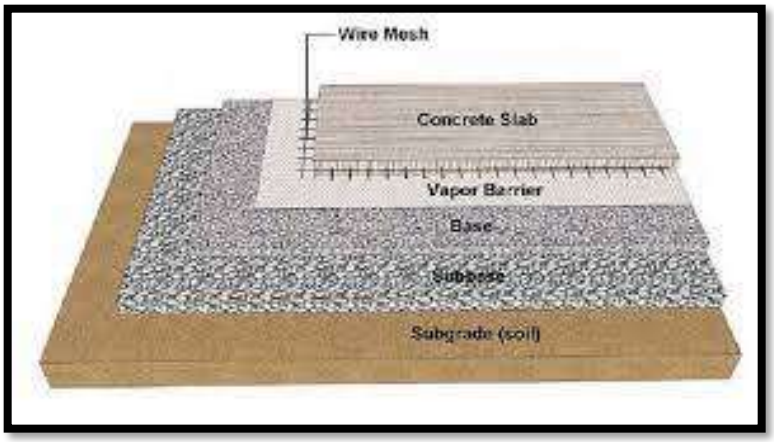


Figura 8: Clasificación de los suelos

Fuente: Wikipedia

ESTABILIZACIÓN

Es un proceso esencial que tiene como objetivo mejorar las características físicas y mecánicas del suelo natural o de los materiales de préstamo utilizados en la construcción. Este proceso busca hacer que estos materiales sean más estables y adecuados para soportar cargas, ya sea en cortes o rellenos.

En el caso de suelos de subrasante con baja capacidad portante o pobre, se recurre a diferentes tipos de estabilización, como la estabilización al suelo asfáltico, suelo cemento, suelo cal, entre otros. Estos métodos específicos involucran la incorporación de materiales como cemento, cal o asfalto para mejorar las propiedades del suelo y hacerlo más resistente y apto para la construcción de infraestructuras.

Es importante destacar que la estabilización del suelo se realiza en un proceso in situ, lo que significa que se lleva a cabo en el lugar donde se encuentra el suelo natural. Además, este proceso permite lograr mejoras de manera más económica en comparación con la

opción de reemplazar completamente el suelo, siempre y cuando se realice con una inspección de calidad adecuada. (MTC, 2014, p.92)

Figura 9: Estabilización de los suelos

Fuente: Estabilización de suelo

CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

La estabilización de suelos puede variar según las condiciones específicas del sitio, el CBR ≤ 6% en la sub-rasante puede indicar necesidad de estabilización. Este índice mide la resistencia al corte del suelo y es fundamental en el diseño de carreteras, la composición del suelo la presencia de limos, arcillas o arenas limosas o arcillosas puede requerir diferentes enfoques de estabilización; la clasificación del suelo según textura y humedad del suelo con altos niveles de humedad pueden requerir medidas especiales de estabilización, demasiada humedad puede afectar negativamente la capacidad de carga y la resistencia del suelo.

TIPO DE ESTABILIZACIÓN

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

Es un proceso en el que se utilizan diferentes aditivos químicos con el propósito de mejorar las propiedades del suelo para su uso en construcción u otras aplicaciones. Los aditivos tienen propiedades específicas que pueden influir en las características del suelo, siendo:

1. **Cal:** se usa para estabilizar suelos arcillosos. Al agregar cal al suelo, se produce una reacción química que mejora la cohesión y disminuye la plasticidad del suelo.
2. **Cemento Portland:** es comúnmente utilizado en la estabilización de suelos para proporcionar resistencia adicional. La adición de cemento crea una matriz más sólida en el suelo, mejorando su capacidad de carga y resistencia a la compresión.
3. **Productos asfálticos:** se utiliza para estabilizar suelos en aplicaciones de pavimentación. El asfalto actúa como un aglutinante, uniendo las partículas del suelo y proporcionando una superficie más resistente.
4. **Cloruro de calcio y de sodio:** Estos aditivos se utilizan para reducir expansión y contracción del suelo, especialmente en suelos en alto contenido de arcilla. Ayudan a controlar la humedad y mejorar la estabilidad.
5. **Polímeros:** pueden mejorar la capacidad de retención de agua del suelo y disminuir la erosión. También se utilizan para flocular las partículas en suelos arcillosos dispersivos.
6. **Hule de neumáticos:** La mezcla de hule de neumáticos molido con el suelo puede mejorar la capacidad de drenaje y reducir la compactación, proporcionando una alternativa sostenible.
7. **Cenizas volantes:** un subproducto de la combustión del carbón, se utilizan en la estabilización del suelo para mejorar la resistencia y reducir la permeabilidad.

La estabilización química es una práctica común en ingeniería civil y construcción para garantizar que el suelo cumpla las especificaciones para proyectos específicos (Das, 2013, p.266).

ESTABILIZACIÓN MECÁNICA

Para MTC (2014), es un método que busca mejorar las propiedades de ingeniería del suelo sin recurrir a la adición de agentes químicos u otras sustancias de unión. Este enfoque se basa en técnicas que no alteran la estructura y composición fundamental del suelo. Un método comúnmente utilizado es la compactación en la estabilización mecánica.

La compactación es un proceso mediante el cual se aplica presión al suelo para reducir el volumen de vacíos presentes al reducir espacios vacíos entre partículas del suelo, se mejora su densidad y resistencia, lo que resulta en una base más sólida y estable para la construcción de estructuras. Este proceso es especialmente útil en la construcción de carreteras, cimientos y otras obras civiles donde la estabilidad del suelo es crucial.

ESTABILIZACIÓN FÍSICA

Es el proceso para mejorar sus propiedades físicas mediante diversas técnicas. Gonzáles (2014) destaca algunas de estas técnicas, como la mezcla de suelos, el uso de geotextiles y la consolidación.

1. Mezcla de Suelos: Este método implica agregar un tipo de suelo que cumpla con las características necesarias para mejorar las propiedades del suelo existente. Generalmente, este proceso se realiza junto con la compactación, lo que ayuda a optimizar la composición y densidad del suelo.
2. Geotextiles: Los geotextiles son telas permeables no degradables que se utilizan con diversos propósitos. Pueden funcionar como filtros, controlar la erosión del suelo y evitar el transporte de lodos. Su capacidad para permitir el paso del agua mientras retiene partículas del suelo es fundamental en la estabilización de terrenos.
3. Consolidación: Este proceso implica someter el suelo a cargas durante un periodo determinado. Esto provoca el drenaje de agua en el suelo, reduciendo asi su volumen y mejora el contacto entre las partículas. Como resultado, el suelo puede soportar mejor las cargas externas a las que se enfrentará. La consolidación

también puede llevar a una disminución en el tamaño de las partículas del suelo y generar un mayor desgaste entre ellas.

Estas técnicas de estabilización física son comunes en proyectos de construcción, ingeniería civil y otras aplicaciones donde se investiga mejorar propiedades del suelo para garantizar la estabilidad de las estructuras y prevenir problemas como la erosión.

ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON MADERA DE EUCALIPTO

Para, (Misra, 200) es un enfoque interesante para mejorar las propiedades del suelo y aumentar su resistencia. La ceniza tradicional, como se menciona en el contexto proporcionado, tiene características específicas que la hacen útil como estabilizante de suelo.

La ceniza, al tener un bajo contenido de cal y alto contenido de sílice, puede beneficiarse de la suma del agente activador que proporcione la cal necesaria para desencadenar reacciones puzolánicas que es un material silíceo o aluminoso que, en presencia de cal, tiene la capacidad de reaccionar y formar compuestos cementantes, lo cual es beneficioso para la estabilización del suelo.

La mezcla de ceniza, al ser utilizada como estabilizante, puede aplicarse a diferentes tipos de suelos, ya sean finos, gruesos o no arcillosos. Este proceso puede mejorar propiedades mecánicas del suelo, de resistencia y estabilidad, lo cual es crucial en la construcción de infraestructuras.

En cuanto a la estabilización con madera de eucalipto, este material puede proporcionar beneficios adicionales. La madera de eucalipto es conocida por tener propiedades que la hacen resistente a la descomposición y a los insectos, lo que la convierte en un material duradero. Además, la madera de eucalipto también puede tener propiedades que contribuyan a la estabilización del suelo.

PUZOLANIZACIÓN

es un proceso que implica la reacción de ciertos materiales con componentes alcalinos en presencia de agua para formar compuestos cementantes, este silicato de calcio es un material cementante que puede tener propiedades útiles en la construcción, la puzolanización implica someter la fase de la ceniza a altas temperaturas, en este caso, entre 700 y 800 grados Celsius. Este rango de temperatura puede ser necesario para activar la reacción química deseada, el lapso del tiempo es de 2 horas el material se mantiene a la temperatura especificada, es importante para permitir que la reacción química tenga lugar y para lograr un grado óptimo de combustión. El grado de combustión óptima se refiere al nivel deseado de reacción química y transformación del material durante el proceso de puzolanización. Carrasco, 2017, p.19).

Figura 10: Puzolanización

Fuente: Cenizas puzolánicas

ENSAYOS DE LABORATORIO

Análisis granulométrico

Es una técnica que se utiliza en geotecnia y ciencias del suelo para evaluar la distribución de tamaños de partículas en una muestra de suelo. Este proceso es esencial en la construcción de carreteras, cimentaciones y otros proyectos relacionados con el suelo.

En términos simples, el análisis granulométrico proporciona información detallada sobre la composición del suelo en función al tamaño de partículas. Este conocimiento es crucial para comprender el comportamiento del suelo y tomar decisiones informadas sobre el diseño y la construcción de estructuras. (MTC, 2014, p.30)

Tabla 5 Clasificación de suelo según tamaño de partículas

TIPO DE MATERIAL		TAMAÑO DE PARTICULAS
	GRAVA	75mm-4.75 mm
	ARENA	Arena gruesa: 4.75 mm- 2.00 mm
		Arena gruesa: 2.00 mm- 0.075 mm
		Arena gruesa: 0.424 mm- 0.075 mm
Material Fino	LIMO	0.075 mm- 0.005 mm
	ARCILLA	Menor a 0.005 mm

Fuente de origen: Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos MTC 2014

CONTENIDO DE HUMEDAD

Permite medir la cantidad de agua en una muestra de suelo en su estado natural. Esto proporciona una base para comparar con la humedad óptima que se logrará durante los ensayos de compactación, si la humedad natural es igual o menor que la humedad óptima, el suelo se considera adecuadamente compactado. Se sugiere la compactación normal del suelo y la adición de la cantidad necesaria de agua para alcanzar la humedad óptima. (MTC, 2014, p.34).

Figura 11: Contenido de humedad

Fuente: Métodos de medición de humedad del suelo

LÍMITE DE ATTERBERG

Es fundamental para evaluar la calidad y el comportamiento del suelo en proyectos de construcción, cimentación y otras aplicaciones geotécnicas. (Sanz, 1975, p.36).

LÍMITE DE LÍQUIDO

Es el contenido de humedad en un suelo, expresado como un porcentaje del peso seco de la muestra, en el cual el suelo transita de un estado líquido a un estado plástico. Este punto de transición se caracteriza por la capacidad del suelo para ser moldeado, pero con resistencia mínima al corte. En el caso mencionado, se indica que, según Atterberg, este límite es de 25 g/cm². (Márquez, 2006)

LÍMITE PLÁSTICO

Es una propiedad importante de los suelos, especialmente de los suelos cohesivos, y se utiliza en la ingeniería geotécnica para entender su comportamiento, se utiliza para clasificar los suelos, junto con el límite líquido y la plasticidad, estas propiedades son fundamentales para comprender la plasticidad y la deformación de los suelos, lo que a su vez influye en el diseño y la construcción estructural de ingeniería civil (Das, 2001, p.29).

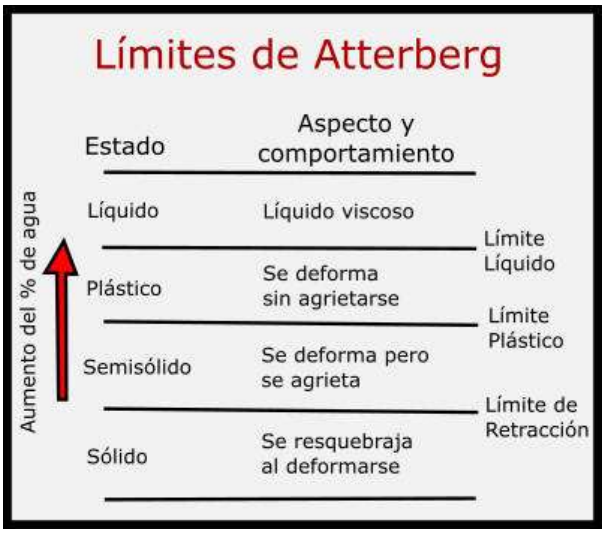


Figura 12: Límites de Attreberg

Fuente: Limites de Atterberg (Cotecno)

PROCTOR MODIFICADO

Es un procedimiento crucial en la ingeniería geotécnica para evaluar las propiedades de compactación de un suelo. El objetivo principal es determinar la cantidad óptima de agua que un suelo puede contener para lograr la mejor compactación posible a una energía específica (Sanz, 1975, p.40).

Según Carrasco (2017, p.18), el Proctor modificado es una prueba diseñada para hallar la humedad necesaria junto con el grado de humedad ideal para lograr la compactación óptima del suelo, medida a través del volumen de peso contenido en un molde. Este parámetro se conoce como densidad relativa en volumen bajo una humedad específica. El

proceso implica una serie de golpes distribuidos en 5 capas, y está vinculado a las herramientas específicas utilizadas para determinar la densidad del suelo.

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Es una herramienta esencial en la ingeniería de carreteras, diseñada para evaluar la capacidad de carga de un suelo bajo condiciones específicas. El objetivo es determinar la resistencia al corte de un suelo compactado y su capacidad para soportar las cargas dinámicas de las ruedas que transitan sobre él. Este ensayo se ha convertido en un estándar fundamental para la caracterización de suelos en el diseño y construcción de carreteras.

Según Valero (1978), el CBR se define como la capacidad de un suelo para soportar cargas móviles en una estructura de carretera particular. En otras palabras, representa la resistencia del suelo al corte bajo condiciones específicas de compactación y humedad. Crespo (2004) añade que este valor se expresa como el porcentaje de carga necesario para introducir un pistón de sección circular en una muestra de suelo con triturado de piedra preciso.

COMPACTACIÓN

Es el proceso de aumentar la densidad de un suelo mediante la eliminación del aire entre las partículas del suelo. Este proceso implica la aplicación de energía mecánica, como la compactación por rodillo, para reducir los espacios de aire y lograr una mayor cohesión entre las partículas del suelo, se mide en cuanto al peso seco específico. Cuanto mayor sea el peso seco específico, mayor será la densidad del suelo y, por lo tanto, mejor será su capacidad para soportar cargas sin sufrir deformaciones excesivas (Das, 2001, p.51).

Durante el proceso de compactación, la adición de agua al suelo puede facilitar el movimiento de las partículas del suelo, permitiendo una mayor compactación. El agua actúa como un agente suavizante, facilitando que las partículas se deslicen y se ubiquen en una disposición más densa. La compactación tiene como objetivo principal lograr la estabilidad de volumen del suelo. Esto es esencial para garantizar que el suelo pueda soportar cargas sin experimentar deformaciones permanentes. Además, la compactación

ayuda a reducir los espacios de aire entre las partículas, mejorando así la resistencia del suelo (Cañar, 2017, p.15).

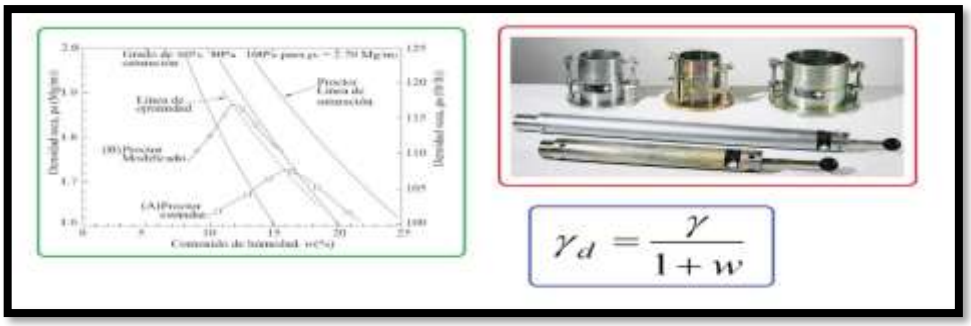


Figura 13: Ensayos California Bearing Ratio CBR

Fuente: Wikipedia

Justificación de la Investigación

Justificación Teórica: ya que propondrá la estabilización de la subrasante añadiendo muestra de patrón ceniza madera de eucalipto para así tenga una mejora el suelo, dándonos buenos resultados tanto como físicos y mecánicos.

Justificación Práctica: La inestabilidad del suelo en la carretera Atipayan es el motivo principal de esta investigación. El objetivo es determinar los componentes físicos y mecánicos necesarios para estabilizar el suelo de esta carretera. Se espera que esta investigación aporte de manera significativa a los profesionales de ingeniería civil.

Justificación Social: Se justifica a nivel social brindar una infraestructura vial óptima para las zonas rurales, que suelen ser áreas donde se lleva a cabo la producción agrícola, y contar con una infraestructura vial adecuada facilita el transporte de productos a los mercados locales y nacionales. Esto puede impulsar la economía local y nacional al aumentar la eficiencia en la distribución de productos.

Justificación Metodológica: se basa en la necesidad de abordar los desafíos existentes en la ingeniería vial, específicamente en la estabilización de los suelos naturales de las carreteras no pavimentadas en la región Ancash. La aplicación de ceniza de madera de eucalipto como agente estabilizador se presenta como una posible solución para mejorar las propiedades de estos suelos y, por ende, la calidad y durabilidad de las carreteras.

Justificación Científica: Esta investigación propone el uso de cenizas de eucalipto como material para la estabilización de suelos arcillosos. El objetivo es que estos suelos cumplan con las características requeridas por el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) y puedan ser utilizados como subrasante o afirmado en pavimentos. Además, se espera que el suelo estabilizado con cenizas de eucalipto aporte nuevas propiedades y tenga un menor costo de ejecución.

Problema

Realidad Problemática

La problemática planteada en la investigación destaca la importancia del papel del ingeniero civil en la aplicación de conocimientos multidisciplinarios para abordar desafíos específicos en proyectos de ingeniería civil, especialmente con respecto a la estabilización de suelos. La problemática central parece ser la necesidad de mejorar las propiedades del suelo para garantizar la durabilidad y resistencia de las estructuras y pavimentos construidos sobre él.

Se describe la estabilización del suelo como un proceso que implica la modificación de las propiedades físicas del suelo mediante métodos mecánicos y la adición de productos químicos, ya sean naturales o sintéticos. Este proceso se presenta como una estrategia para mejorar la capacidad portante de suelos de subrasante con características deficientes.

Se mencionan ejemplos específicos de procesos de estabilización, como la estabilización al suelo cemento, suelo cal, suelo asfáltico, y otros productos diversos. Cada uno de estos métodos puede adaptarse a las características específicas del suelo y las necesidades del proyecto.

Se destaca que la mayoría de los suelos arcillosos no cumplen con los requisitos necesarios para proyectos de pavimentación o afirmado debido a su baja capacidad de soporte y mala calidad. Esto resalta la importancia de abordar de manera efectiva los desafíos asociados con estos tipos de suelos.

Formulación del Problema

¿Cuánto cambia la estabilización de la subrasante de la carretera acceso a Atipayan en la progresiva 65+200 al 67+100, adicionando ceniza de madera de eucalipto 6%, 8%, 10%?

Tabla 6 *Conceptualización y operacionalización de las variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable dependiente: Estabilización de subrasante	Es un método convencional que ayuda a mejorar que ayuda a mejorar el comportamiento del suelo, brindando una mayor capacidad estructural.	Se realizará a través de los ensayos de laboratorio para así obtener las propiedades físicas y mecánicas del suelo	Propiedades físicas y Propiedades Mecánicas	Granulometría, Contenido de Humedad, Limites de Consistencia, Proctor Modificado, CBR
Variable independiente: ceniza de madera de eucalipto	Son partículas que pasan por un proceso de calcinación, obteniendo un material fino que se usara para estabilizar la subrasante y así tener buenos resultados	Se aplicará la ceniza de madera de eucalipto en la muestra natural del suelo, para así comprobar los resultados de muestra patrón en relación a los grupos a experimentales.	Dosificación de la ceniza de madera de eucalipto	6%, 8%, 10%

Fuente: Elaboración Propia

Hipótesis

La adición de ceniza de eucalipto en un 6%, 8%, 10% lograría estabilizar el suelo, con la mejora de las propiedades mecánicas y físicas del suelo, aumentando la capacidad de carga como también reduciendo el índice de plasticidad.

Objetivos

Objetivo general

Estabilización de la subrasante de la carretera acceso a Atipayan en la progresiva 65+200 al 67+100, adicionando ceniza de madera de eucalipto 6%, 8%, 10% - Huaraz-Ancash – 2023.

Objetivos específicos

- Determinar la temperatura de calcinación de la madera de eucalipto. Análisis térmico diferencial (ATD).
- Determinar la composición química de la ceniza de madera de eucalipto mediante (FRX).
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas mediante el Proctor modificado y el CBR de la muestra patrón y experimental.

II. Metodología

a. Tipo y diseño de investigación

Nivel de investigación

El nivel de investigación será explicativo ya que se verificará la hipótesis, por lo cual se tomará información de relevancia al momento de experimentar adicionando ceniza de madera de eucalipto y obtener mejoras hacia la estabilización del suelo.

Diseño de investigación

Se aplico el enfoque experimental lo que implicó la manipulación deliberada de variables para observar cómo afectan a otras variables. En este caso, la variable manipulada podría ser la adición de ceniza de madera de eucalipto al suelo natural.

Por su propósito fundamental

La investigación tuvo un diseño experimental, con la manipulación intencional de la variable independiente con tres niveles de porcentajes de adición de ceniza de madera de eucalipto para analizar los posibles resultados. Se extrajo una muestra del suelo arcilloso y realizaron ensayos de mecánica de suelos tanto con la muestra patrón como con la muestra adicionando cenizas de madera de eucalipto, con el objetivo de estabilizarla. Los ensayos se realizaron con tres tipos de mezclas: una con un 6% de ceniza, otra con un 8% de ceniza y la última con un 10% de ceniza de madera de eucalipto.

b. Población y Muestra

M: Muestra que se manipulará para la investigación

- M: Suelo arcilloso de ATIPAYAN

  Xi: Variable independiente
- X: Adición de cenizas de madera de eucalipto (6%, 8%, 10%)

  Ro: Resultados

  Yi: Variable dependiente
- Y: Estabilización de suelos arcillosos

La población para este proyecto de investigación estuvo conformada por los suelos arcillosos existentes en la carretera tramo Atipayan que se encuentra ubicado en 65+200 al 67+100.

c. Técnicas e instrumentos de investigación

En este caso la recolección de datos, durante la investigación se usó técnicas tales como análisis documental y observación en campo. Los instrumentos que se utilizaron fueron fichas, registros planos y mapas. Toda la información se obtuvo a través de fuentes primarias y fuentes secundarias.

Tabla 7 Guía de la ficha técnica de la Observación en Campo

Método o técnica	**Instrumento**	**Naturaleza de la investigación**	**Ámbito de la investigación**
Observación de campo no experimental	Guía de observación de campo	Prospectivo	Muestra
Laboratorio de mecánica de suelos de la USP	Ficha técnica de laboratorio	Prospectivo	Muestra

Fuente: Elaboración Propia

Se usarán como técnicas la encuesta y la observación.

- La etapa primera de la investigación fue el desarrollo de una encuesta para recopilar la información necesaria para evaluar el suelo al agregar ceniza de eucalipto. Esta encuesta nos permitirá obtener datos relevantes sobre las características del suelo y su comportamiento al ser estabilizado con ceniza de eucalipto.
- La observación nos ayuda a conocer, reconocer y apreciar las principales características físicas del suelo y sus componentes que lo conforman. A través de la observación directa, podemos analizar aspectos como la textura, la estructura, el color, la humedad y materia orgánica en el suelo. Esto nos permite obtener

información detallada sobre las propiedades físicas del suelo y comprender su comportamiento.

Estudio de mecánica de suelos en laboratorio

De cada muestra se obtuvo ensayos estándares y especiales, según la normativa aplicable para cada ensayo.

1. **Ensayos estándares:** granulometría, límites, peso específico, peso unitario, clasificación de suelos, análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido (DSC) y el análisis térmico diferencial (DTA) y el análisis termogravimétrico (TGA
2. **Ensayos especiales:** En primer lugar, se hizo la excavación de la calicata a profundidad de 1.50 m, una vez obtenida se extrajo el material de 40 kg de muestra para ser llevado al laboratorio de la Universidad San Pedro para ser ensayados y obtener datos importantes sobre la estabilización del suelo.

Procedimiento de los objetivos específicos

- **Determinar la temperatura de calcinación de la madera de eucalipto. Análisis térmico diferencial (ATD).**

  Para determinar la temperatura de calcinación en la zona de estudio se excavó una calicata a profundidad de 1.50 m, extrayendo muestra de 40 kg, para ser llevado al laboratorio y así realizar los respectivos ensayos, una parte de la muestra de ceniza se sacó del horno artesanal, y luego se deja enfriar máximo 2 h para luego tener resultados según análisis Termo gravimétrico y análisis calorimétrico.

- **Determinar la composición química de la ceniza de madera de eucalipto mediante (FRX).**

  Para ello se extrae nuevamente ceniza de madera de eucalipto, pasa por distintos números de mallas para luego ser analizados y utilizando el espectrómetro de fluorescencia de rayos x, para obtener los resultados de composición química.

- **Determinar las propiedades físicas y mecánicas mediante el Proctor modificado y el CBR de la muestra patrón y experimental.**

Para determinar ello una vez sacado la muestra se hace en el laboratorio se pesa la humedad de la muestra y se pone a la bandeja y se introduce al horno quedando 24 horas, una vez que está seco se pesa y se saca una proporción para la limpieza de la muestra y se lava en el tamiz N° 200, una vez lavado las gravas se queda y la muestra lavada se vuelve a meter al honor para que se seque por 24 horas, se realiza el análisis granulométrico, una vez obtenida la tierra seca se golpea con martillo de goma y pasa por el tamiz N° 40 para hallar los índices de consistencia una vez obtenida los resultados, se realiza el Proctor modificado para después determinar el CBR de la muestra patrón.

- **Determinar los resultados mediante la interpretación estadística.**
  Para este caso se interpretó mediante cuadro de barras estadísticos comparando la muestra patrón con la ceniza de madera de eucalipto.

III. Resultados

Para estos resultados del proyecto de investigación se desarrolló la descripción general de la carretera estudiada y se respondió secuencialmente cada uno de mis objetivos planteados.

Resultado del Objetivo Especifico N° 01: Determinar la temperatura de calcinación de la madera de eucalipto. Análisis térmico diferencial (ATD).

En este objetivo se determinó la temperatura de calcinación de la madera de eucalipto, en el cual se hizo el análisis térmico diferencial y el termo gravimétrico que se muestra en el anexo N° 1, según el análisis termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa.

La primera caída se da en un rango de 80 y 120 °C, y la otra más prolongada, aunque más progresiva y lenta que se da hasta completar la máxima temperatura de ensayo, llegando a perder un total de 65% de su masa inicial aproximadamente, análisis calorimétrico, se mostró un pico endotérmico a 110°C, posteriormente, se muestra un amplio pico de liberación térmica a 440°C que es una temperatura de posible cambio estructural y de las características del material.

Tabla 8 Análisis Termogravimétrico:

ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO	
1era Caída	80 – 120 °C
2da Caída	Se da hasta completar la máxima temperatura

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9 Análisis Calorimétrico:

ANÁLISIS CALORIMÉTRICO	
Pico Endotérmico	110 °C
Liberación Térmica	440 °C

Fuente: Elaboración Propia

- **Resultado al Objetivo Especifico N° 02:** Determinar la composición química de la ceniza de madera de eucalipto mediante (FRX).

  Los análisis de espectrometría de fluorescencia que se han realizado a las cenizas de eucalipto dan como resultado componentes químico lo siguiente:

  Tabla 10 Análisis de composición Química expresada en óxidos.

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA
Óxido de calcio, CaO	40.612	%	
Óxido de potasio, K2O	21.297	%	
Óxido de magnesio, MgO	17.899	%	
Óxido de fósforo, P_2O_5	12.465	%	
Óxido de silicio, SiO_2	3.174	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (2,3)
Óxido de azufre, SO_3	1.934	%	
Óxido de manganeso, MnO	1.300	%	
Óxido de hierro, Fe_2O_3	0.620	%	
Óxido de estroncio, SrO	0.547	%	
Óxido de rubidio, Rb2O	0.058	%	
Óxido de zinc, ZnO	0.055	%	
Óxido de cobre, CuO	0.037	%	

Fuente: Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería

Tabla 11 Análisis de Composición Química Elemental

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA
Calcio, Ca	43.122	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (2)
Potasio, K	24.800	%	
Magnesio, Mg	18.933	%	
Fósforo, P	7.319	%	
Silicio, Si	1.823	%	
Azufre, S	1.006	%	
Manganeso, Mn	1.529	%	
Hierro, Fe	0.663	%	
Estroncio, Sr	0.624	%	
Rubidio, Rb	0.073	%	
Zinc, Zn	0.065	%	
Cobre, Cu	0.044	%	

Fuente: Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería

Potencial Hidrógeno de la ceniza de madera de eucalipto

Tabla 12 Prueba de PH

Muestra	Cantidad de muestra ensayada	pH
Ceniza de madera	10	11.3

Fuente: Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería

Según el análisis de pH, se muestra que la ceniza de madera tiene un pH de 11.3 correspondiente a un alto carácter alcalino.

Caracterización de los agregados

Tabla 13 Análisis granulométrico del agregado

N°	TAMIZ ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4 1/2”	114.30	0.0	0.0	0.0	100.00
4”	101.60	0.0	0.0	0.0	100.00
3 1/2”	88.90	0.0	0.0	0.0	100.00
3”	76.20	0.0	0.0	0.0	100.00
2”	50.80	0.0	0.0	0.0	100.00
1 1/2”	38.10	0.0	0.0	0.0	100.00
1”	25.40	0.0	0.0	0.0	100.00
3/4”	19.00	0.0	0.0	0.0	100.00
3/8	9.50	0.0	0.0	0.0	100.00
N° 4	4.76	230.6	6.3	6.3	93.7
N° 10	2.000	131.7	3.6	9.8	90.2
N° 20	0.840	200.0	5.4	15.3	84.7
N° 40	0.425	545.3	14.8	30.1	69.9
N° 60	0.260	128.2	3.5	33.5	66.5
N° 140	0.106	138.1	3.7	37.3	62.7
N° 200	0.075	19.9	0.5	37.8	62.2
<200		2291.3	62.2	100.00	0.00
TOTAL		3685.0			100.0

Fuente: Laboratorio de Mecánica De Suelos de la Universidad San Pedro.

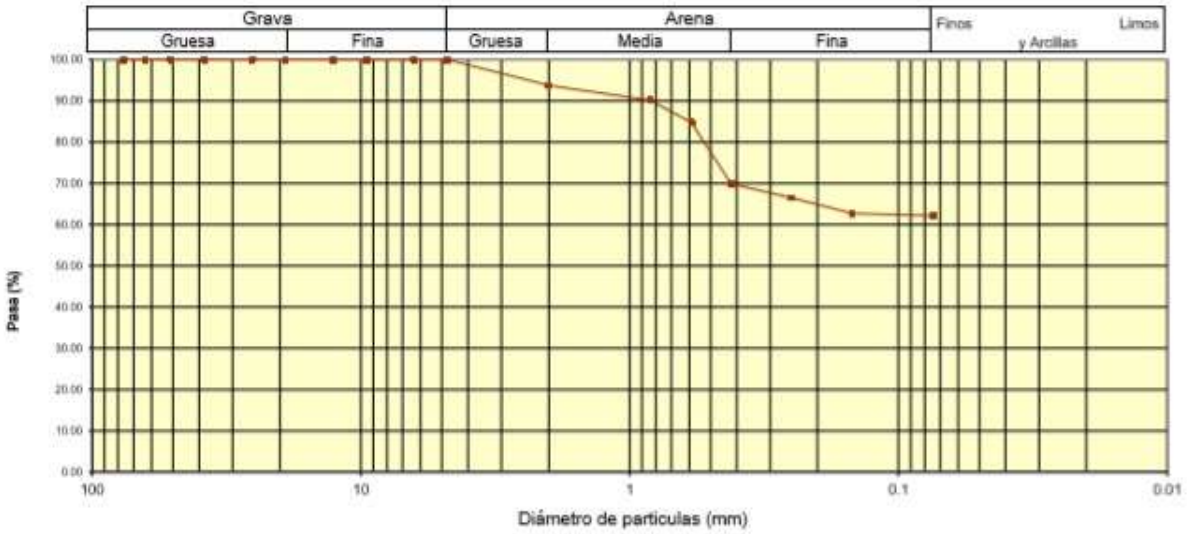


Figura 14: Curva Granulométrica

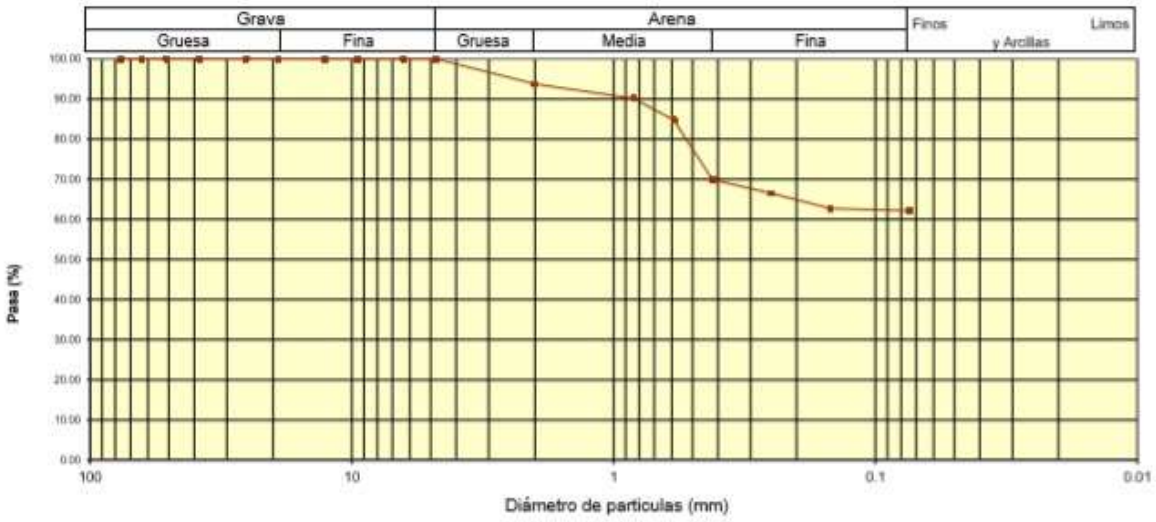


Figura 15: Curva Granulométrica

- **Resultado al Objetivo Especifico N° 3:** Determinar las propiedades físicas y mecánicas mediante el Proctor modificado y el CBR de la muestra patrón y experimental.

1. Proctor modificado (25 golpes)

Tabla 14 Determinación del contenido de humedad

Recipiente N°	**Muestra 1**		**Muestra 2**		**Muestra 3**		**Muestra 4**		**Muestra 5**	
Wsuelo Hum+Rec	240.51	262.66	249.96	252.90	239.24	244.47	221.75	262.99	240.86	239.48
Wsuelo Sec+Rec	224.38	245.00	230.45	232.76	217.10	222.00	198.53	234.92	212.55	211.35
Peso del agua	16.13	17.66	19.51	20.14	22.14	22.47	23.22	28.07	28.31	28.13
Peso del Recip.	41.82	42.45	42.35	43.00	42.56	40.85	41.59	42.38	41.73	42.24
Peso suelo seco	182.56	202.55	188.10	189.76	174.54	181.15	156.94	192.54	170.82	169.11
Cont. Hum. W%	8.84	8.72	10.37	10.61	12.68	12.40	14.80	14.58	16.57	16.63

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Tabla 15 Resultados

Cont Hum Prom.	8.78	10.49	12.54	14.59	16.60
Wsuelo + molde	5.567.00	5,615.00	5.640.00	5.636.00	5,595.00
W molde	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00	3,663.00
Wsuelo	1.904.00	1,952.00	1,977.00	1,973.00	1,932.00
Peso Vol. Hum.	2.04	2.09	2.11	2.11	2.06
Peso Vol.Sec	1.87	1.89	1.88	1.84	1.77

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Tabla 16 Resultados

Contenido de humedad optimo	10.49%
Densidad Máxima Seca	1.89 g/cm3

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

2. CBR de la muestra patrón y experimental

Los grafico se visualizan en anexo 7.

Tabla 17 RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR

CBR AL 100% P.V.S.M	6.4%
CBR AL 95% P.V.S.M	4.6%

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Por consiguiente, la muestra patrón + 6% de ceniza de eucalipto.

Tabla 18 Determinación de Contenido de Humedad y Densidad Máxima

Contenido de humedad optimo	15.2%
Densidad Máxima Seca	1.774 g/cm3

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Tabla 19 RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR

CBR AL 100% P.V.S.M	12.9%
CBR AL 95% P.V.S.M	9.5%

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Por consiguiente, la muestra patrón + 8% de ceniza de eucalipto.

Tabla 20 Determinación de Contenido de Humedad y Densidad Máxima

Contenido de humedad optimo	20.8%
Densidad Máxima Seca	1.675 g/cm3

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Tabla 21 Relación De Soporte De California – CBR

CBR AL 100% P.V.S.M	15.4%
CBR AL 95% P.V.S.M	10.5%

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Por consiguiente, la muestra patrón + 10% de ceniza de eucalipto.

Tabla 22 Determinación de Contenido de Humedad y Densidad Máxima

Contenido de humedad optimo	14.2%
Densidad Máxima Seca	1.786 g/cm3

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Tabla 23 RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA – CBR

CBR AL 100% P.V.S.M	20.5%
CBR AL 95% P.V.S.M	14.2%

Fuente: Laboratorio de MS de la universidad San Pedro

Nota: de los resultados obtenidos adicionando al 6%, 8% y 10% se registra que al 10% actúa mejor como estabilizante ya que baja la plasticidad en un 6.19% y así se logra estabilizar la subrasante, cumpliendo las exigencias de las normativas de carreteras el EG-2013 Y CE.010.

IV. Análisis y Discusión

1. El objetivo general de la investigación es estabilizar la subrasante aplicando la ceniza de madera de eucalipto, se analizó el comportamiento del material de muestra y la ceniza de fondo se evaluó en base a los resultados de los ensayos realizados. Luego, se llevó a cabo el análisis de acuerdo a los objetivos y antecedentes mencionados. Los resultados obtenidos de los ensayos proporcionaron información relevante sobre las propiedades y características del material de muestra y la ceniza de fondo, lo cual permitió realizar un análisis adecuado para cumplir con los objetivos establecidos en la investigación.

   Habiendo analizado el material más el aumento de ceniza de eucalipto en proporciones nos dio como resultado favorable en el ensayo de límite de consistencia añadiendo el 10% de ceniza de eucalipto con un resultado óptimo de 6.19 y así nos damos cuenta que la plasticidad baja al añadir más proporción a la muestra. La tesis de Atoche, C. & Solorzano, I. (2022). Determinar la influencia de la adición de ceniza de tuna en la estabilización de la subrasante de la carretera Tinco – Aquero en 4%, 6% y 8% donde los resultados fueron muestra patrón su máxima densidad seca inicial de 1.85g/cm3 y un contenido óptimo de humedad del 7.61%. El CBR inicial fue de 5.51%, al adicionar la ceniza de tuna al 6% mejoro la estabilización obteniendo una máxima densidad seca de 1.92 g/cm3 y un CBR de 8.62%, se concluye que al adicionar la ceniza de tuna y ceniza de eucalipto a la muestra patrón actúa como un estabilizante para el suelo y así obtiene resultados favorables.

2. Analizando el primer objetivo específico en este estudio se tiene como resultado que la primera caída se da en un rango de 80 y 120 °C, y la otra más prolongada, aunque más progresiva y lenta que se da hasta completar la máxima temperatura de ensayo, llegando a perder un total de 65% de su masa inicial aproximadamente. Y en análisis calorimétrico, se puede mostrar un pico endotérmico a 110°C, se mostró un amplio pico de liberación térmica a 440°C que es una temperatura de posible cambio estructural y de las características del material. No obstante, en su tesis de Cadillo Salvador, I. (2021). Estabilización de la subrasante con adicion de ceniza de tuna, carretera: Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash -2021, da a conocer que su primera caída se da entre 80 y 130°C y la segunda caída es mas intensa entre 230 y 340°C, luego la caída es lenta y progresiva hasta

llegar a perder 70% de su masa inicial. Podemos observar en los dos casos se llega a una temperatura que diferente, pero con resultados favorables donde es beneficioso para la estabilización de la subrasante.

3. Analizando el segundo objetivo específico propuesto en esta investigación damos como resultado que la composición química de la ceniza tiene un alto porcentaje de óxido de calcio 40.612 y la composición química elemental también se obtienen un alto porcentaje de 43.122 %. Comparando con la tesis de Cadillo Salvador, I. (2021). Estabilización de la subrasante con adición de ceniza de tuna, carretera: Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash - 2021, nos da a conocer su composición química de la ceniza de tuna donde se obtuvo su composición química con un porcentaje de calcio 74.024% y con menor porcentaje en fosforo 0.202%, como podemos concluir comparando las dos tesis se obtienen resultados diferentes y favorables para la estabilización del suelo.
4. Analizando el tercer objetivo específico se obtiene los resultados que es el análisis del CBR dando un resultado de muestra patrón de 95% P.V.S.M. = 4.6% y al 100% P.V.S.M.=6.4%; añadiendo la ceniza de madera de eucalipto al 6% se obtiene el CBR de 95% P.V.S.M. = 9.5% y al 100% P.V.S.M.=12.9%; añadiendo la ceniza de madera de eucalipto al 8% se obtiene el CBR de 95% P.V.S.M. = 10.5% y al 100% P.V.S.M.=15.4%; añadiendo la ceniza de madera de eucalipto al 10% se obtiene el CBR de 95% P.V.S.M. = 14.2% y al 100% P.V.S.M.=20.5%. Según Araujo y Urbano (2020), en su trabajo de investigación se plantearon determinar el nivel de investigación que genera el agente estabilizante como es la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en el material de subrasante que se usa en la carretera en calle integración – Chosica, para ello llegaron a los resultados que el uso del agente estabilizante de CCA en proporción de 7.00%, y cuyas propiedades como la resistencia aumento de 22,10% hasta llegar a un valor de 30,10% respecto al CBR y así también un óptimo contenido de humedad de 15,10% y con ello su máxima densidad seca tiene un valor de 1,612 g/cm3 de compactación, de lo cual llegaron a la conclusión que al adicionar el agente estabilizante CCA en una proporción 4%, 7% y 10% influyen de manera positiva en la estabilización de la subrasante de la carretera Integración – Chosica. Donde se puede llegar a la conclusión que los dos productos químicos al llevarlos

por diferentes procesos experimentales nos dieron resultados favorables para la estabilización de la subrasante y una mejora del suelo.

V. Conclusiones

- La hipótesis planteada se cumple parcialmente y que la adición de ceniza de madera de eucalipto al 10% ha funcionado mejor que la sustitución al 6% y 8%, según lo indicado en las Tablas 19 y 20. Sin embargo, parece que no has proporcionado las tablas o el contexto completo del estudio. Si tienes más detalles o preguntas específicas sobre los resultados,
- El Análisis térmico diferencial, cambia de estado a los 120 °C según su curva. Las cenizas de madera de eucalipto activadas a 80 y 120° por 2 horas desarrollan una actividad puzolánica que sigue el comportamiento de la subrasante capaz de estabilizar parcialmente a la subrasante que se muestra en el anexo N° 1.
- El análisis del pH, debe estar en un rango de 11 – 12 de lo contrario si está en valores menores o superior a este rango podría ser perjudicial ya que debilita a la subrasante, y así a largo tiempo presentaría fisuras y un deterioro del pavimento.
- Concluyendo que al analizar la espectrometría de fluorescencia de Rayos X realizados a las cenizas de madera de eucalipto registran el dióxido de silicio (SiO_2) 3.174% influye positivamente en la subrasante eliminando y ocluyendo de la porosidad, pero absorbe mayor cantidad el óxido de calcio CaO al 40.612%.

VI. Recomendaciones

- Se recomienda continuar con el estudio del material de ceniza de madera de eucalipto analizado en distintas temperaturas de calcinación y tamaños pequeños a los obtenidos en esta investigación
- Se puede ir adicionando más porcentajes de cenizas de madera de eucalipto mayores al 6% y menores al 8% en razón de haber trabajado bien la adición de 8%
- Si se trabaja a mayores porcentajes de adición se debe determinar las características y/o parámetros de pH del material.

VII. Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a mis padres Marco y Nelly por el apoyo moral que me dieron para poder alcanzar mis metas como profesional y enseñarme a no rendirme ante cualquier adversidad, a mi primo hermano Dr. Cristhian León Toscano, que en cada momento me motivo a continuar con mis estudios diciendo el que persiste y resiste le esperan buenas cosas gracias primo, a mis hermanos y familiares que sin ellos no hubiera logrado mi meta trazada.

Le agradezco a mi asesor Ing. Salazar Sánchez Dante, por su dedicación y su paciencia, sin sus recomendaciones y correcciones no hubiese podido llegar a esta instancia tan anhelada.

VIII. Referencias bibliográficas

Atoche, C & Solorzano, I. (2022). *Evaluación comparativa entre cascarilla de arroz y ceniza de carbón para estabilizar la subrasante en urb. Domus, Nuevo Chimbote.*

Obtenido de: https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3374943

AASHTO M216 Lime for Soil Stabilization

Obtenido de: https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=AASHTO%20M%20216&item_s_key=00487447

Brayan, O. (2022). *Estabilización de subrasante con ceniza de tallo de muña y hojas de eucalipto en el camino vecinal PU-1065, Puno 2022*

Obtenido de: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/106243

Bowels, J. (2002). *Manual de laboratorios de suelos en ingeniería civil. México: Limusa.*

Obtenido de: https://stehven.files.wordpress.com/2015/08/josephe-e-bowles-manual-de-laboratorio-de-suelos.pdf

Braja, M. (2010). *Ingeniería Geotécnica.* California: J Ross.

Obtenido de: https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das

Cobos, M. & Peralta, J & Ortega (2019). *Caracterización del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con ceniza provenientes de Cáscara de Coco y Cisco de Café*
Obtenido de:
https://repository.ucc.edu.co/items/329973da-d787-4517-8fb0-13acd44f1148

Camelo, A & Gonzáles, H (2021). *Propiedades resilientes de subrasantes granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles*.
Obtenido de:
https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/2f1ee1e5-bb47-4907-a12f-fd64f4ede18a

Cadillo, I. (2021). Estabilización de la subrasante con adición de ceniza de tuna, carretera: Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021"
Obtenido de:
https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85607

Checa, B. (2022). *Análisis del mejoramiento de suelos mediante la adición de bolsas de polietileno fundido en estado líquido, aplicados a suelos blandos del sur de quito como subrasante para uso en vías terrestres.*
Obtenido de:
http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27701

Fernández, H. (2017). *Efecto Del Aditivo Terrazyme En La Estabilizacion De Suelos Arcillosos De Subrasantes En La Zona De Expansion De La Ciudad De Cajamarca*
Obtenido de: https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1140/T016_42379696_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gutiérrez, C. (2010). *Estabilización Química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas corporativas del cloruro de magnesio (Biochifita) frente al cloruro de calcio.* Tesis de maestría no publicada. Lima, Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
Obtenido de: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/116/gutierrez_ca.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gálvez, P. & Santoyo, J. (2019). "*Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo*".
Obtenido de: https://core.ac.uk/download/pdf/270319034.pdf

Huerta, W. (2022). *Estabilización de subrasante aplicando cloruro de sodio y cenizas volantes en la trocha carrozable Buenavista, caserío de Mojón, Casma Ancash, 2022*
https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115623
https://www.google.com/

Hernández, J. (2008). *Características físicas y propiedades Mecánica de suelos y sus métodos de medición. Tesis no publicadas.* Guatemala, Guatemala, Guatemala.
Obtenido de:
https://www.academia.edu/8077236/caracter%c3%8dsticas_f%c3%8dsicas_y_propiedades_mec%c3%81nicas_de_los_suelos_y_sus_m%c3%89todos_de_medici%c3%93n

J. M. Criado, A. Ortega, J. Rouquerol, F.Rouqerol (1987). *Un nuevo método de Análisis Térmico España.*
Obtenido de:
198625407.pdf (secv.es)

Juárez, E., & Rico, A. (1997). *Mecánica de Suelos.* México: Limusa
Obtenido de:
https://veteranos1927.files.wordpress.com/2014/05/mecanica-de-suelos-tomo-1-juarez-badillo.pdf

Junco del Pino, J., & Tejada, E. (2011). *Aditivo Químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasante de carreteras.* Revista de Arquitectura e Ingeniería, 4-22.
Obtenido de:
https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3711821

Kestler, A. (2009). *Guía de estabilización con agregado seleccionado y propio en superficie de caminos de bajo volumen.* Estados unidos. Obtenido de: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2138/1/Gu%C3%ADa_b%C3%A1sica_para_estabilizaci%C3%B3n_de_suelos_de_cal_en_caminos_de_baja_intensidad_vehicular_en_El_Salvador.pdf

Leonardo, A. & Daniel, U. (2020). *Estabilización a nivel de subrasante incorporando ceniza de cascara de arroz en calle Integración – Chosica 2019.* Obtenido de: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53995

Llicuy, C. & Román, K. (2020). "Estudio de la estabilización de arcillas expansivas utilizando el 10, 20 y 30% en peso, de puzolanas de ceniza del volcán Tungurahua y ceniza de la cascarilla de arroz en composiciones iguales" https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20630

Manual de estabilización de suelo y modificación con cal (2004) Obtenido de: https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf

Norma Técnica de Estabilizadores Químicos MTC E 1109 – 2004 (11). (2011). Lima-Perú Obtenido de: https://www.ageecovias.net/files/mtc1109-con-rd-1-Norma-Tecnica-de-Estabilizadores.pdf

Norma NTP 400.037 (2002 y NTP339(2008). Agregados. Concreto
Obtenido de:
https://es.slideshare.net/hersacs/ntp-400-037-2014especificacionesagregados

Pérez, M. (2017). *Resistencia del concreto f´c=210 kg/cm2 sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto (Eucaliptus Globulus)*.
Obtenido de:
file:///C:/Users/51956/Downloads/604981169-Tesis-57364%20(1).pdf

Powers, & Scanlon. (1932;1994). *Efecto de la temperatura de colocación (hormigonado) puesta en obra) en el asentamiento en cono de abrams (y la trabajabilidad relativa) dedos concretos confeccionados con diferentes cementos. (Burg 1996)*
Obtenido de:
https://www.academia.edu/36372249/fundamentos_del_concreto

Rojas, F., & Camargo, A. (2004). *Estabilización Física Química de suelos finos para subrasantes de vías Rurales. Estabilización Física Química de suelos finos para subrasantes de vías Rurales.* Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander.
Obtenido de:
https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2530/3417

Rollins, K. (1998). Effect of Soil treatment with Terrazyme on CBR %. Natural Plus, 1-9
Obtenido de:
https://medcraveonline.com/MOJCE/effect-of-terrazyme-on-cbr-and-shear-strength-of-expensive-soil.html

Salas, J., & Castillo, P. (1986). *Empleo de cenizas de cascara de arroz.* España. Obtenido de: https://scholar.google.com.pe/scholar?q=Salas,+J.,+%26+Castillo,+P.+(1986).+Empleo+de+cenizas+de+cascara+de+arroz.+Espa%C3%B1a.&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart

Victoria, M. (2022). *Incorporación de ceniza de hojas de eucalipto para la estabilización de la subrasante en la calle Lucero de Francia, Cusco – 2021*. Obtenido de: https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91150

Vivar, g. (1995). Diseño de construcción de pavimentos. Lima: Limusa Obtenido de: https://es.scribd.com/document/406088165/Diseno-y-Const-de-Pavimentos-Vivar-pdf

IX. Anexos y Apéndices

USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor		
RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN	73123240	gitocs_94_26@hotmail.com
Apellidos y Nombres	DNI	Correo Electrónico

2. Tipo de Documento de Investigación

X	Tesis		Trabajo de Suficiencia Profesional		Trabajo Académico		Trabajo de Investigación

3. Grado Académico o Título Profesional [1]

	Bachiller	X	Título Profesional		Título Segunda Especialidad		Maestría		Doctorado

4. Título del Documento de Investigación

Estabilización de la subrasante de la carretera acceso a Atipayan en la progresiva 65+200 al 67+100, adicionando ceniza de madera de eucalipto 6%, 8%, 10% - Huaraz-Ancash - 2023

5. Programa Académico

INGENIERÍA CIVIL

6. Tipo de Acceso al Documento

X	Abierto o Público [3] *(info:eu-repo/semantics/openAccess)*		Acceso restringido [4] *(info:eu-repo/semantics/restrictedAccess)* (*)
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS [5]

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. [6]

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	11	12	23

Huella Digital

Firma

Importante

1. *Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2.*
2. *Ley N° 30035. Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.*
3. *Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.*
4. *En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital*
5. *Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.*
6. *Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".*

Nota. - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3).

Estabilización de la subrasante de la carretera acceso a Atipayan en la progresiva 65+200 al 67+100, adicionando ceniza de madera de eucalipto 6%, 8%, 10% - Huaraz-Ancash – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

30%	27%	%	13%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	6%
3	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	4%
4	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	2%
5	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%

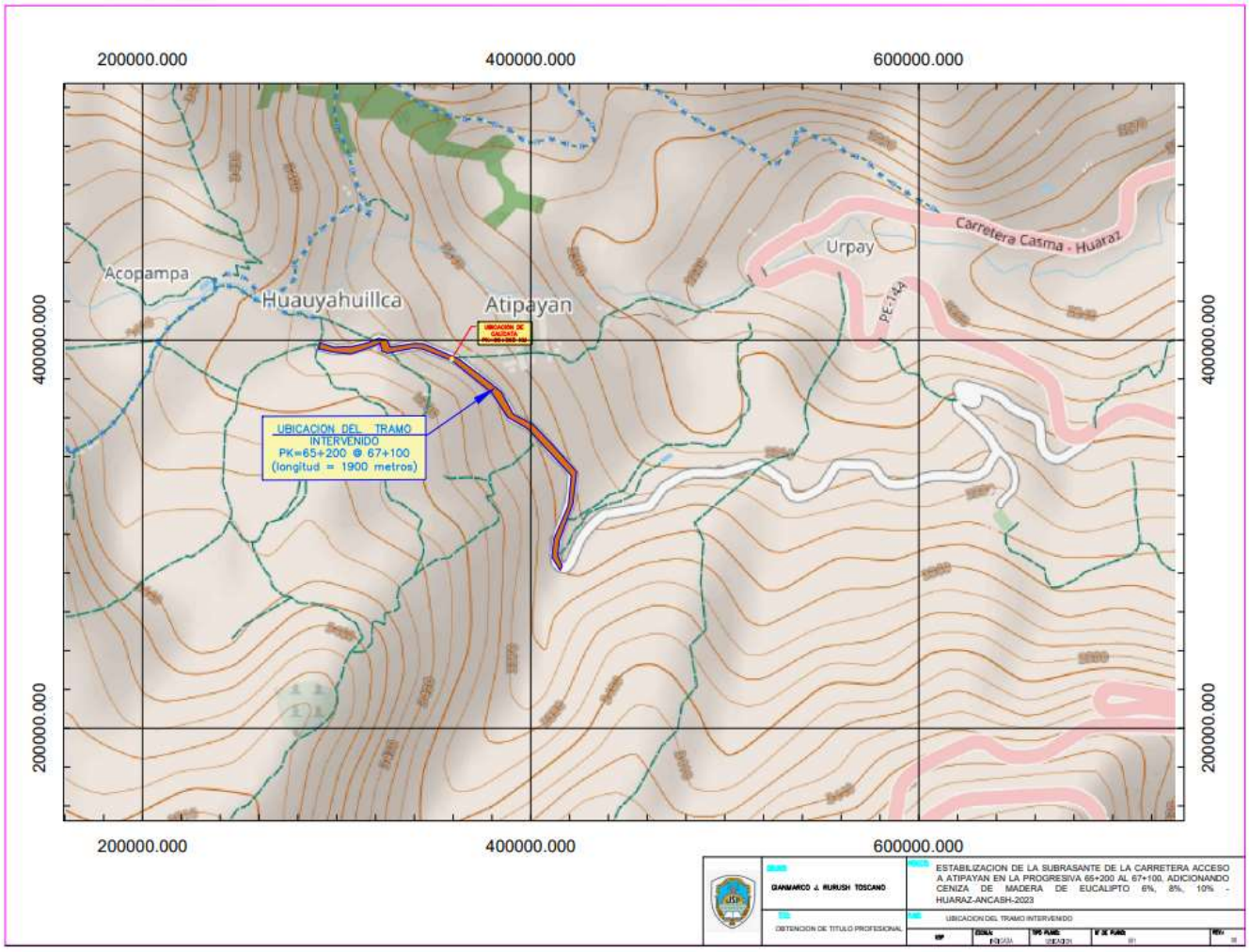
9	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
10	vdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
11	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
12	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Anahuac México Sur Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.upeu.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	<1 %
18	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	1library.co Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.utea.edu.pe	

	Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.udea.edu.co Fuente de Internet	<1 %
22	repository.unipiloto.edu.co Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	<1 %
24	pt.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
27	cybertesis.uni.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	Submitted to Universidad Peruana Union Trabajo del estudiante	<1 %
29	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuado Trabajo del estudiante	<1 %
30	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	

		<1 %
32	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
35	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1 %
36	ajterrassa.es Fuente de Internet	<1 %
37	attra.ncat.org Fuente de Internet	<1 %
38	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

43	telva.elmundo.es Fuente de Internet	<1 %
44	redpav-fpolar.info.ve Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.unesum.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
46	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
47	rucont.ru Fuente de Internet	<1 %
48	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 6 words
Excluir bibliografía	Activo		



Anexo 01: Plano de ubicación

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 19 de octubre del 2023

INFORME Nº 99 - OCT -23

Solicitante: Rurush Toscano Gianmarco Jhonatan – Universidad San Pedro

RUC/DNI: 73123240

Supervisor: …….

1. **MUESTRA:** Ceniza de madera eucalipto (1.0 gr)

Nº de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CME-99O	22 mg	…….

2. **ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. **EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 22 mg.

Danny M. Chévez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

Jefe de Laboratório: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 dumichavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú

Anexo 02: *Resultado del ensayo de Análisis Térmico por Calorimetría y Análisis Termogravimétrico*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

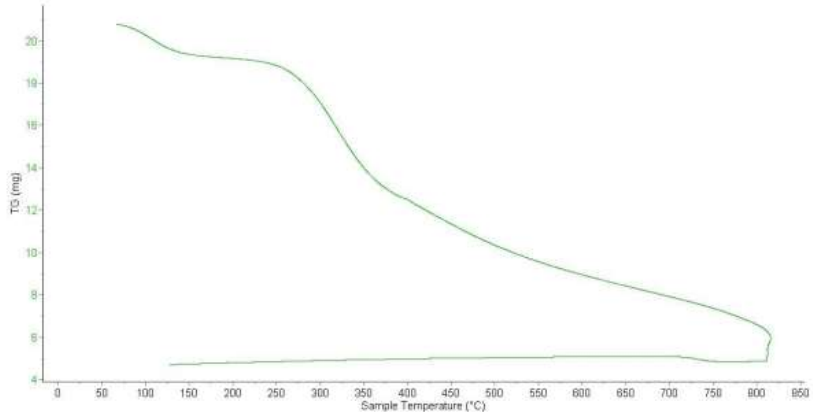
Trujillo, 19 de octubre del 2023

INFORME Nº 99 - OCT -23

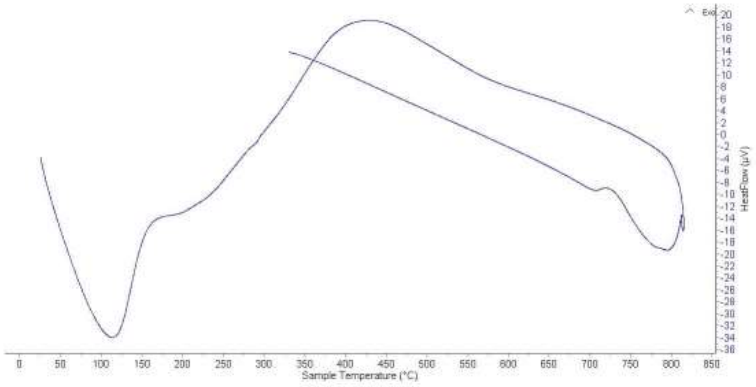
LABORATORIO DE POLIMEROS DPTO. UNT JEFATURA

4. Resultados:

I- Curva Análisis Termo Gravimétrico (TGA)



II- Curva Análisis Térmico Diferencial (ATD)



Tel.: 44-203510/949790880 damchavez@hotmail.com / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú

Anexo 02: *Curva de Análisis Térmico por Calorimetría y Análisis Termogravimétrico*

Trujillo, 19 de octubre del 2023

INFORME Nº 99 - OCT -23

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera caída se da en un rango entre 80 y 120°C, y otra más prolongada, aunque más progresiva y lenta que se da hasta completar la máxima temperatura de ensayo, llegando a perder un total de 65% de su masa inicial aproximadamente.

2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar un pico endotérmico a 110°C, posteriormente, se muestra un amplio pico de liberación térmica a 440°C que es una temperatura de posible cambio estructural y de las características del material.

Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES

Trujillo, 19 de octubre del 2023

LABORATORIO DE POLÍMEROS
JEFATURA
UNT

Ing. Danny Mesias Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Anexo 03: *Conclusiones de Análisis Térmico por Calorimetría y Análisis Termogravimétrico*

Trujillo, 19 de octubre del 2023

INFORME N° 100 - OCT -23

Solicitante: Rurush Toscano Gianmarco Jhonatan - Universidad San Pedro

RUC/DNI: 73123240

Supervisor: ……..

1. **MUESTRA:** Ceniza de madera eucalipto (10 g)

Muestra	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada
Ceniza de madera	CM-100O	10 g

2. **ENSAYOS A APLICAR**

- Prueba de pH de muestras analizadas en solución acuosa.
- Concentración de prueba: 0.6 g de muestra /ml solución.

3. **EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Peachímetro digital tipo lapicero Kyntel ATC bajo requerimientos de la norma ASTM D 1293-18.
- Soluciones de 10 g de muestra en 60 ml de agua destilada.
- Temperatura de solución 23 °C.

Danny M. Chévez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

LABORATORIO DE POLIMEROS G.I.M. JEFATURA UNT

Jefe de Laboratório: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

Anexo 04: *Prueba de pH y concentración de prueba*

Trujillo, 19 de octubre del 2023

INFORME Nº 100 - OCT -23

Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

4. Resultados:

Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada (g)	pH
CM-100O	10	11.3

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis de pH, se muestra que la ceniza de madera tiene un pH de 11.3 correspondiente a un alto carácter alcalino.

Trujillo, 17 de octubre del 2023

LABORATORIO DE POLÍMEROS G.I. JEFATURA UNT

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

***Anexo 05**: Conclusión de la Prueba de pH y concentración de prueba*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN

ABICER
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y CERTIFICACIONES
OTILIA ACHA DE LA CRUZ

INFORME DE ENSAYO Nº 1290 – 23 – LABICER

1.	**DATOS DEL CLIENTE**		
1.1.	NOMBRE / RAZÓN SOCIAL	:	RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
1.2.	D.N.I / R.U.C.	:	73123240
1.3.	DIRECCIÓN	:	–
2.	**CRONOGRAMA DE FECHAS**		
2.1.	FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	:	16 / 10 / 2023
2.2.	FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO	:	19 / 10 / 2023
2.3.	FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	:	25 / 10 / 2023
3.	**ANÁLISIS SOLICITADO**	:	ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4.	**DATOS DE LA MUESTRA**		
4.1.	TIPO DE MUESTRA	:	MUESTRA INORGÁNICA
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	:	01 MUESTRA DE CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO
	TÍTULO DE INVESTIGACIÓN	:	"ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ – ANCASH – 2023"
	UNIVERSIDAD	:	SAN PEDRO - HUARAZ
4.3.	OBSERVACIONES (SI APLICA)	:	ENVASE PLÁSTICO
5.	**LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS**	:	LABORATORIO LABICER-UNI
6.	**CONDICIONES AMBIENTALES**	:	Temperatura: 23.4°C; Humedad relativa: 64%

7. RESULTADOS

7.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA [1]
Calcio, Ca	43.122	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva [2]
Potasio, K	24.800	%	
Magnesio, Mg	18.933	%	
Fósforo, P	7.319	%	
Silicio, Si	1.823	%	
Manganeso, Mn	1.529	%	
Azufre, S	1.006	%	
Hierro, Fe	0.663	%	
Estroncio, Sr	0.624	%	
Rubidio, Rb	0.073	%	
Zinc, Zn	0.065	%	
Cobre, Cu	0.044	%	

[1] Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.
[2] Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva SHIMADZU, EDX-800HS.

***Anexo 06**: Ensayo de la composición química elemental*

7.2. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
Óxido de calcio, CaO	40.612	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (2,3)
Óxido de potasio, K_2O	21.297	%	
Óxido de magnesio, MgO	17.899	%	
Óxido de fósforo, P_2O_5	12.465	%	
Óxido de silicio, SiO_2	3.174	%	
Óxido de azufre, SO_3	1.934	%	
Óxido de manganeso, MnO	1.300	%	
Óxido de hierro, Fe_2O_3	0.620	%	
Óxido de estroncio, SrO	0.547	%	
Óxido de rubidio, Rb_2O	0.058	%	
Óxido de zinc, ZnO	0.055	%	
Óxido de cobre, CuO	0.037	%	

(1) Método de ensayo o de referencia o técnica aceptada por el cliente.
(2) Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío. Equipo: Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X de energía dispersiva. SHIMADZU, EDX-800HS.
(3) Resultados expresados en óxidos según pedido del cliente.

8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.

Bach. David Rojas M.
Analista
LABICER – UNI

M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía
Jefe de Laboratorio
CQP 1149

NOTAS:
1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.2 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

***Anexo 07**: Ensayo de la Composición Química Expresado en Óxidos*

ANEXO

FIGURA N°1. MUESTRA DE CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO.

FIGURA N°2. ESPECTRÓMETRO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DE ENERGÍA DISPERSIVA (SHIMADZU, EDX-800HS).

***Anexo 08**: Ensayo de Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos x de energía dispersiva*

CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D-2216)

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023

MUESTRA : CALICATA-1

MUESTRAS : TERRENO NATURAL

LUGAR : CHIMBOTE - SANTA -ANCASH

FECHA : 07/11/2023

ENSAYO Nº	M-1	M-2
Peso de tara + MH	192.82	185.84
Peso de tara + MS	174.1	168.8
Peso de tara	34.51	34.19
Peso del agua	18.72	17.24
MS	139.59	134.41
Contenido de humedad (%)	13.41	12.83
PROMEDIO DE HUMEDAD	13.12	

NOTA : La muestra fue traida y realizado por el interesado en este Laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Solar Jara
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 09**: Ensayo del Contenido de Humedad*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
LUGAR : CHIMBOTE - SANTA -ANCASH
FECHA : 07/11/2023

Peso Seco Inicial	3685	gr.
Peso Seco Lavado	1393.7	gr.
Peso perdido por lavado	2291.3	gr.

CALICATA : C - 1
ESTRATO : E-1
PROF. (m) : 1.50

Tamiz(Abertura) N°	(mm)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)
4 1/2"	114.30	0.0	0.0	0.0	100.0
4"	101.60	0.0	0.0	0.0	100.0
3 1/2"	88.90	0.0	0.0	0.0	100.0
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	230.6	6.3	6.3	93.7
N° 10	2.000	131.7	3.6	9.8	90.2
N° 20	0.840	200.0	5.4	15.3	84.7
N° 40	0.425	545.3	14.8	30.1	69.9
N° 60	0.260	128.2	3.5	33.5	66.5
N° 140	0.106	138.1	3.7	37.3	62.7
N° 200	0.075	19.9	0.5	37.8	62.2
< 200		2291.3	62.2	100.0	0.0
Total		3685.0			100.0

Clasificació AAHSTO

Material limoso-arenoso
Pobre a malo como subgrado
A-5 Suelo limoso

Valor del índice de grupo (IG) 1

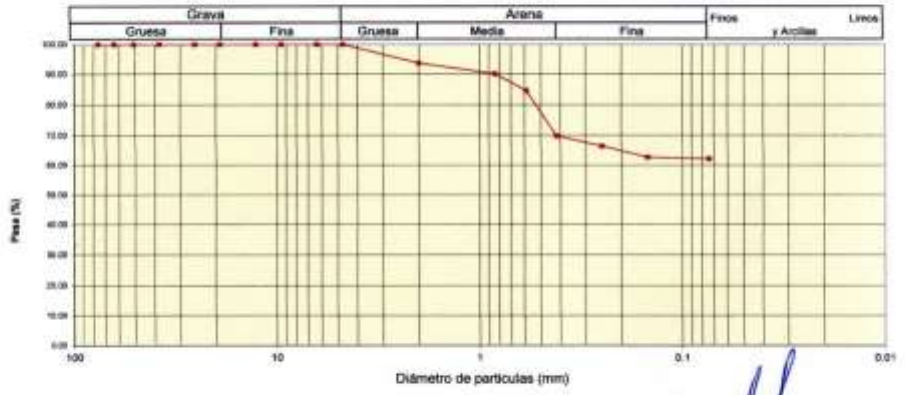
Clasificación (S.U.C.S.)

Suelo de partículas finas.
Limo baja plasticidad arenoso ML

Pasa tamiz N° 4	(%) :	93.7
Pasa tamiz N° 200	(%) :	62.2
D60	(mm) :	
D30	(mm) :	
D10	(mm) :	
Cu		
Cc		

Límite líquido	LL	41.37
Límite plástico	LP	25.48
Índice plasticidad	IP	15.89

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Solar Jara
Director
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

***Anexo 10**: Análisis granulométrico por tamizado*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MUESTRA : TERRENO NATURAL
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	57.52	54.61	52.69	31.06	29.00	30.62
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	47.60	45.50	43.18	29.16	27.53	28.94
PESO DE LA TARA (gr.)	21.74	22.92	20.87	21.63	21.75	22.42
PESO DEL AGUA (gr.)	9.92	9.11	9.51	1.90	1.47	1.68
PESO SUELO SECO (gr.)	25.86	22.58	22.31	7.53	5.78	6.52
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	38.36	40.35	42.63	25.23	25.43	25.77
Nro. DE GOLPES	35	30	20	25.48		

LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL :	%	41.37

LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP :	%	25.48

INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-438		
IP :	%	15.89

UNIVERSIDAD SAN PEDRO CHIMBOTE
Ing. Marial Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 11**: Análisis de limite líquido y limite plástico*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

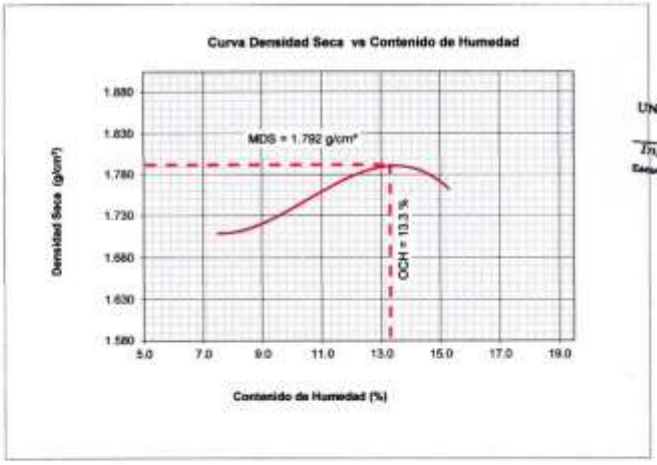
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MATERIAL :SUELO NATURAL
CALICATA :1
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA :07/11/2023

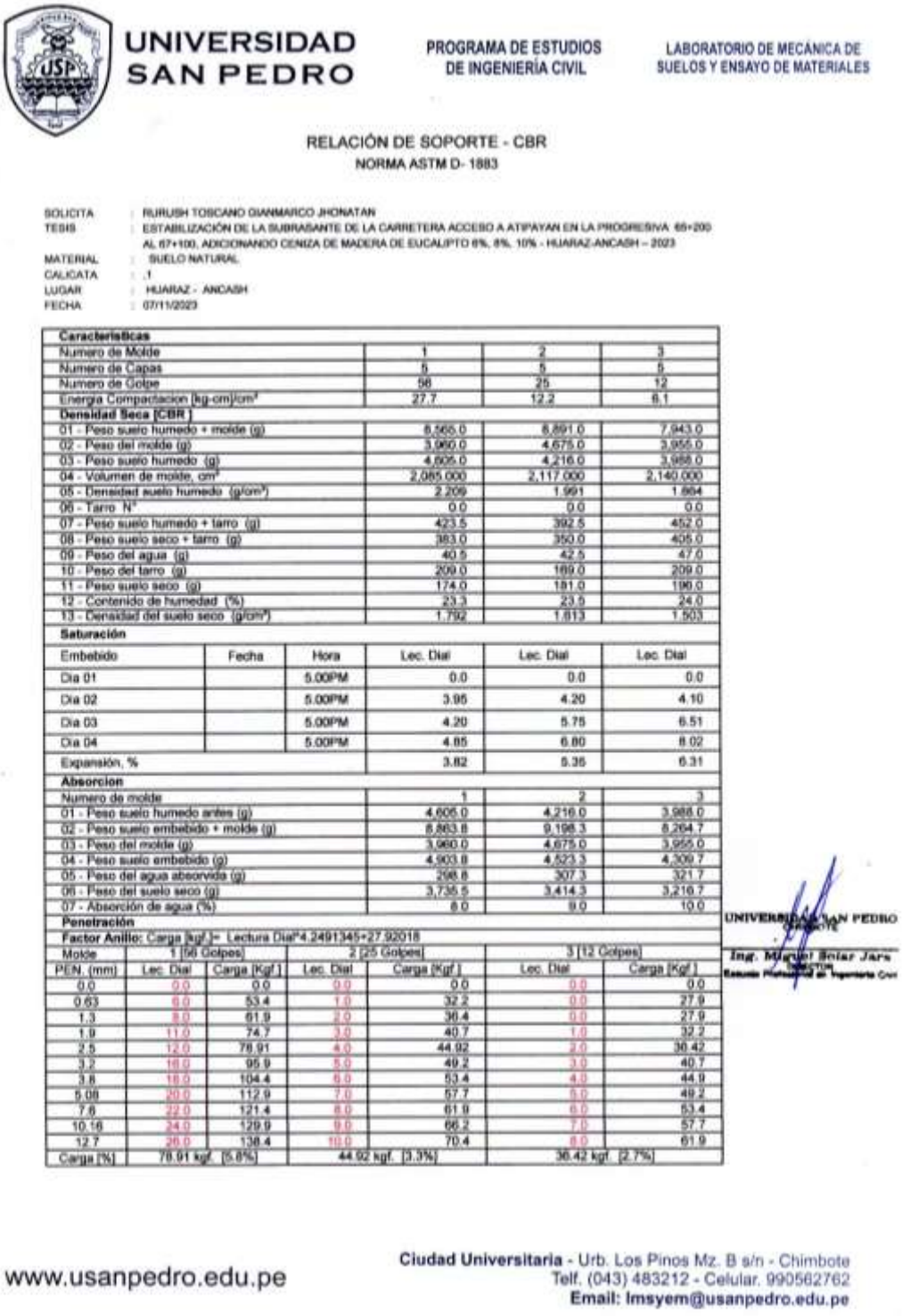
Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3695	3789	3869	3879
02 - Peso del Molde (g)	1969.0	1969.0	1969.0	1969.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1726.0	1820.0	1900.0	1909.5
04 - Volumen del Molde (cm^3)	939.7	939.7	939.7	939.7
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm^3)	1.837	1.937	2.022	2.032
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	415.0	435.0	543.0	431.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	400.0	404.0	505.0	402.0
09 - Peso del agua (g)	15.0	31.0	38.0	29.5
10 - Peso del tarro (g)	200.0	112.5	212.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)	200.0	291.5	293.0	193.0
12 - Contenido de Humedad (%)	7.5	10.6	13.0	15.3
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm^3)	1.709	1.751	1.789	1.762

Contenido Optimo Humedad **13.3 %** Densidad Seca Maxima, **1.792 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Chimbote
Ing. Miguel Solar Jara
Docente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 12**: Análisis de Proctor Modificado*



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023

MATERIAL : SUELO NATURAL

CALICATA : 1

LUGAR : HUARAZ - ANCASH

FECHA : 07/11/2023

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,565.0	8,891.0	7,943.0
02 - Peso del molde (g)			3,960.0	4,675.0	3,955.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,605.0	4,216.0	3,988.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,085.000	2,117.000	2,140.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			2.209	1.991	1.864
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			423.5	392.5	452.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			383.0	350.0	405.0
09 - Peso del agua (g)			40.5	42.5	47.0
10 - Peso del tarro (g)			209.0	169.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)			174.0	181.0	196.0
12 - Contenido de humedad (%)			23.3	23.5	24.0
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.792	1.613	1.503
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01		5.00PM	0.0	0.0	0.0
Dia 02		5.00PM	3.95	4.20	4.10
Dia 03		5.00PM	4.20	5.75	6.51
Dia 04		5.00PM	4.85	6.80	8.02
Expansión, %			3.82	5.35	6.31
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,605.0	4,216.0	3,988.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,863.8	9,196.3	8,264.7
03 - Peso del molde (g)			3,960.0	4,675.0	3,955.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,903.8	4,523.3	4,309.7
05 - Peso del agua absorvida (g)			298.8	307.3	321.7
06 - Peso del suelo seco (g)			3,735.5	3,414.3	3,210.7
07 - Absorción de agua (%)			8.0	9.0	10.0

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	6.0	53.4	1.0	32.2	0.0	27.9
1.3	8.0	61.9	2.0	36.4	0.0	27.9
1.9	11.0	74.7	3.0	40.7	1.0	32.2
2.5	12.0	78.91	4.0	44.92	2.0	36.42
3.2	16.0	95.9	5.0	49.2	3.0	40.7
3.8	18.0	104.4	6.0	53.4	4.0	44.9
5.08	20.0	112.9	7.0	57.7	5.0	49.2
7.6	22.0	121.4	8.0	61.9	6.0	53.4
10.16	24.0	129.9	9.0	66.2	7.0	57.7
12.7	26.0	138.4	10.0	70.4	8.0	61.9
Carga [%]	78.91 kgf. [5.8%]		44.92 kgf. [3.3%]		36.42 kgf. [2.7%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

Ing. Miguel Sotar Jara

Docente

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote

Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762

Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

***Anexo 13**: Análisis de Relación de Soporte – CBR*

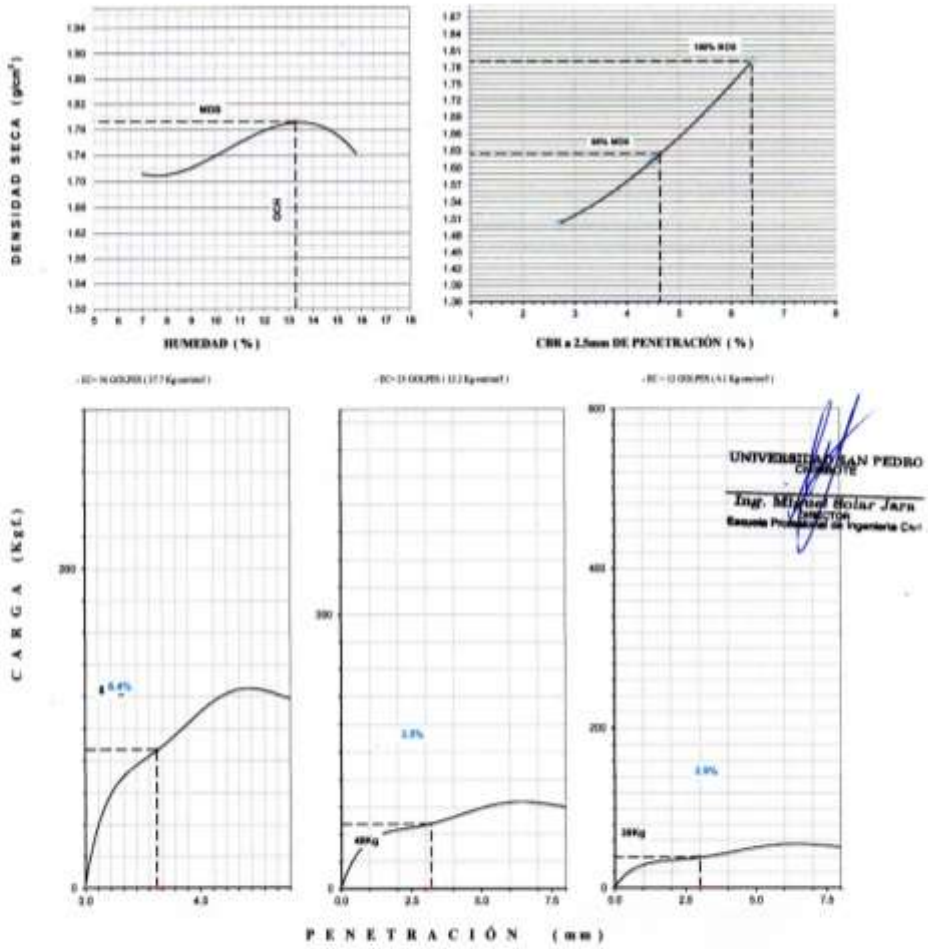
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA : KURUSH TOSCANO GHIMMARCO JHONATAN		MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATAYHAN EN LA		MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.702
PROGRESIVA 00+000 AL 01+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.3
6%, 9%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	6.4
MATERIAL : TERRENO NATURAL		CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	4.6
CALICATA : 1		SUCS : LL : IP : D_0 :	
UBICACIÓN : HUARAZ - ANCASH		AASHTO : EMBEBIDO : 4 días EXPANSIÓN :	3.9 %
FECHA : 07-Nov-2023		ABSORCIÓN : 5.0 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	21.3 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Solar Jara
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

***Anexo 14**: Análisis de Relación de Soporte – CBR*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

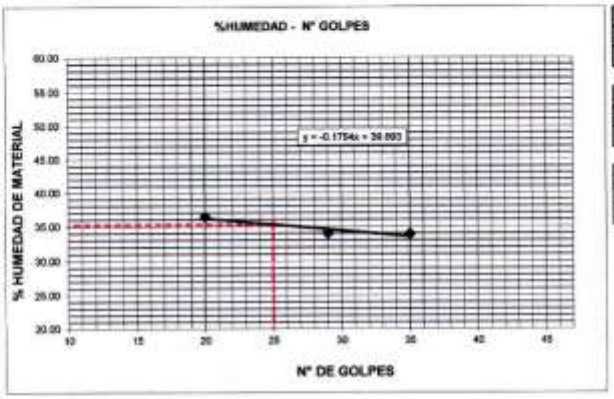
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO-EXPERIMENTAL-6%

(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MUESTRA : TERRENO NATURAL
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	48.44	48.81	46.53	29.08	29.97	30.27
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	41.68	42.24	39.68	27.68	28.43	28.80
PESO DE LA TARA (gr.)	21.74	22.93	20.87	21.63	21.75	22.42
PESO DEL AGUA (gr.)	6.76	6.57	6.85	1.40	1.54	1.47
PESO SUELO SECO (gr.)	19.94	19.31	18.81	6.05	6.68	6.38
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	33.90	34.02	36.42	23.14	23.05	23.04
Nro. DE GOLPES	35	29	20	23.08		



LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL :	%	35.31

LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP :	%	23.08

INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-438		
IP :	%	12.23

UNIVERSIDAD SAN PEDRO CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 15**: Ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico Experimental 6%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

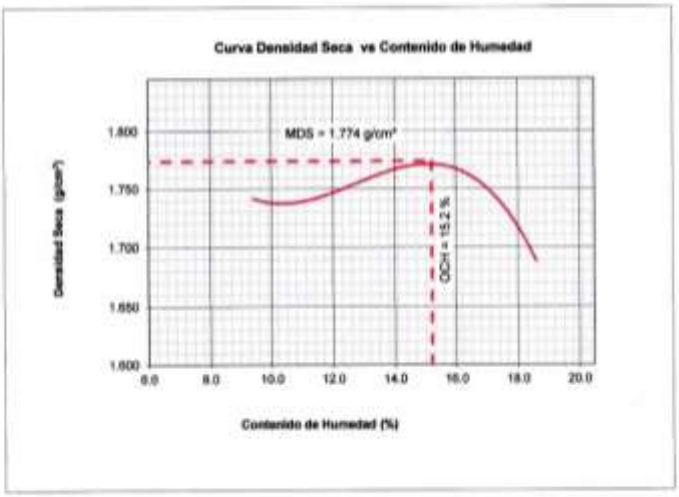
PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-6%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA :RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MATERIAL :SUELO NATURAL
CALICATA :1
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA :07/11/2023

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3760	3824	3879	3850
02 - Peso del Molde (g)	1969.0	1969.0	1969.0	1969.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1791.0	1855.0	1910.0	1881.0
04 - Volumen del Molde (cm^3)	939.7	939.7	939.7	939.7
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm^3)	1.906	1.974	2.033	2.002
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	485.0	447.0	471.0	488.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	458.0	407.0	422.0	424.0
09 - Peso del agua (g)	27.0	40.0	49.0	64.0
10 - Peso del tarro (g)	170.0	90.0	90.0	80.0
11 - Peso suelo seco (g)	288.0	317.0	332.0	344.0
12 - Contenido de Humedad (%)	9.4	12.6	14.8	18.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm^3)	1.742	1.753	1.771	1.688

Contenido Optimo Humedad **15.2 %** Densidad Seca Maxima, **1.774 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Manuel Bolar Jara
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 16: *Ensayo de Proctor Modificado Experimental 6%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-6%

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MATERIAL : SUELO NATURAL
CALICATA : .1
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca (CBR)					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,566.0	8,680.0	8,450.0
02 - Peso del molde (g)			4,400.0	4,455.0	4,345.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,166.0	4,225.0	4,105.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,090.700	2,219.000	2,240.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			1.994	1.904	1.833
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			355.0	449.0	372.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			323.0	408.5	335.0
09 - Peso del agua (g)			32.0	40.5	37.0
10 - Peso del tarro (g)			65.0	90.0	69.5
11 - Peso suelo seco (g)			258.0	318.5	265.5
12 - Contenido de humedad (%)			12.4	12.7	13.9
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.774	1.689	1.608
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	10-Feb-20	5.00PM	0.0	0.0	0.0
Dia 02	11-Feb-20	5.00PM	0.90	0.84	1.00
Dia 03	12-Feb-20	5.00PM	1.29	1.05	2.10
Dia 04	13-Feb-20	5.00PM	1.65	2.31	2.89
Expansión, %			1.30	1.82	2.28
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,166.0	4,225.0	4,105.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,827.6	8,979.9	8,774.3
03 - Peso del molde (g)			4,400.0	4,455.0	4,345.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,427.6	4,524.9	4,429.3
05 - Peso del agua absorvida (g)			259.6	299.9	324.3
06 - Peso del suelo seco (g)			3,706.1	3,748.4	3,602.9
07 - Absorción de agua (%)			7.0	8.0	9.0

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

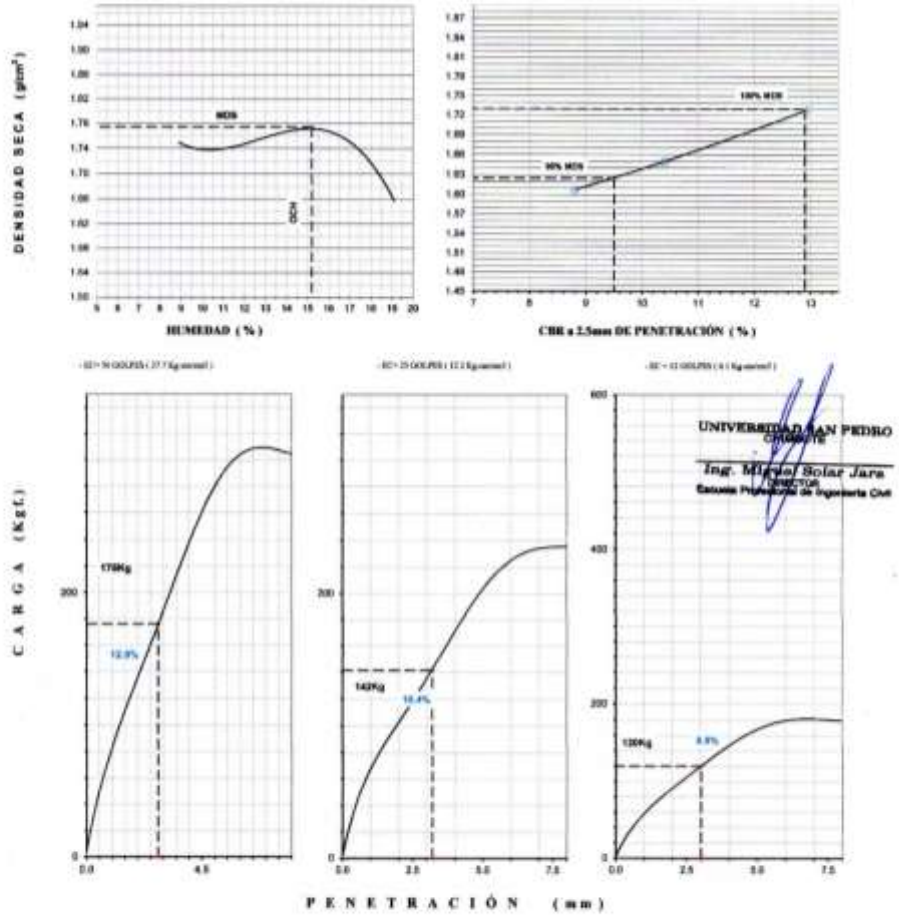
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	10.0	70.4	7.0	57.7	5.0	49.2
1.3	16.0	95.9	11.0	74.7	9.0	66.2
1.9	22.0	121.4	16.0	95.9	13.0	83.2
2.5	31.0	159.64	22.0	121.40	18.0	104.40
3.2	41.0	202.1	27.0	142.6	24.0	129.9
3.8	49.0	236.1	33.0	168.1	28.0	148.9
5.08	58.0	274.4	41.0	202.1	32.0	163.9
7.6	66.0	308.4	49.0	236.1	36.0	180.9
10.16	70.0	325.4	55.0	261.6	40.0	197.9
12.7	75.0	346.6	60.0	282.9	44.0	214.9
Carga [%]	159.64 kgf. [11.7%]		121.4 kgf. [8.9%]		104.4 kgf. [7.7%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Sniar Jara
Estudiante Ciudad de Ingeniería Civil

***Anexo 17**: Relación de soporte CBR Experimental 6%*

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL-6%

SOLICITA	[illegible]	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA		MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.774
PROGRESIVA: 85+000 AL 87+000, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.2
4%, 6%, 12% - HUARAZ-ANCASH – 2023		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	12.8
MATERIAL	TERRENO NATURAL	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	9.9
CALICATA	1	SUCS : LL : IP :	
UBICACIÓN	HUARAZ - ANCASH	AASHTO : EMBEBIDO : 4 dias EXPANSIÓN :	1.3 %
FECHA : 07-Nov-2023		ABSORCIÓN 7.0 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	22.2 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Solar Jara
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 18**: Relación de soporte CBR Experimental 6%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

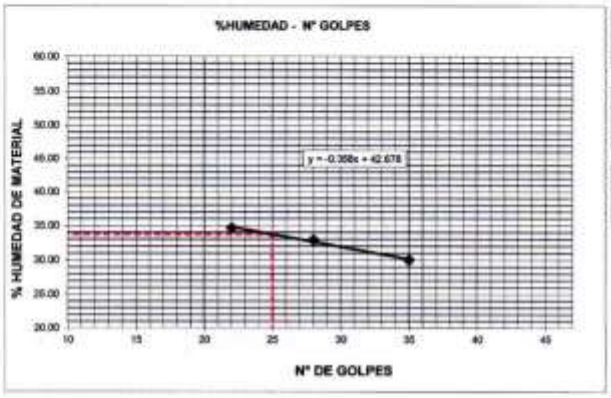
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO-EXPERIMENTAL-8%

(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MUESTRA : TERRENO NATURAL
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	51.07	54.12	58.56	31.27	30.31	31.62
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	44.57	45.89	48.98	29.42	28.68	29.85
PESO DE LA TARA (gr.)	22.93	20.87	21.35	21.64	21.75	22.42
PESO DEL AGUA (gr.)	6.50	8.23	9.58	1.85	1.63	1.77
PESO SUELO SECO (gr.)	21.64	25.02	27.63	7.78	6.93	7.43
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30.04	32.89	34.67	23.78	23.52	23.82
Nro. DE GOLPES	35	28	22	23.71		



LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL :	%	33.73

LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP :	%	23.71

INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-438		
IP :	%	10.02

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Solar Jara
Director
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 19**: Ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico Experimental 8%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

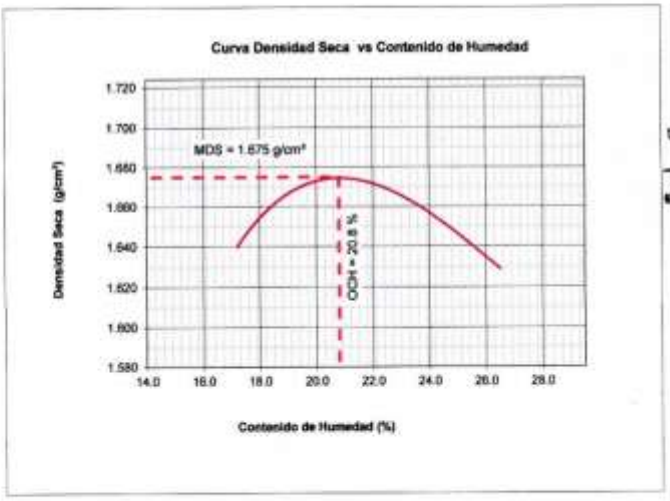
PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-8%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA :RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 66+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MATERIAL :SUELO NATURAL
CALICATA :1
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA :07/11/2023

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3775	3855	3895	3905
02 - Peso del Molde (g)	1969.0	1969.0	1969.0	1969.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1806.0	1886.0	1926.0	1936.0
04 - Volumen del Molde (cm^3)	939.7	939.7	939.7	939.7
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm^3)	1.922	2.007	2.050	2.060
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	506.0	310.0	325.0	300.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	462.0	270.0	277.0	255.0
09 - Peso del agua (g)	46.0	40.0	48.0	45.0
10 - Peso del tarro (g)	195.0	70.0	70.0	85.0
11 - Peso suelo seco (g)	267.0	200.0	207.0	170.0
12 - Contenido de Humedad (%)	17.2	20.0	23.2	26.5
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm^3)	1.640	1.673	1.664	1.629

Contenido Optimo Humedad **20.8 %** Densidad Seca Maxima, **1.675 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 20**: Ensayo de Proctor Modificado Experimental 8%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-8%

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MATERIAL : SUELO NATURAL
CALICATA : ,1
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,168.0	8,528.0	7,498.0
02 - Peso del molde (g)			3,960.0	4,675.0	3,955.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,208.0	3,853.0	3,543.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,085.000	2,117.000	2,140.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			2.018	1.820	1.656
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			415.5	398.0	423.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			380.0	361.0	385.0
09 - Peso del agua (g)			35.5	37.0	38.0
10 - Peso del tarro (g)			209.0	180.0	200.0
11 - Peso suelo seco (g)			171.0	181.0	185.0
12 - Contenido de humedad (%)			20.8	20.4	20.5
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.671	1.511	1.373
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01		5.00PM	0.0	0.0	0.0
Dia 02		5.00PM	1.70	2.13	2.64
Dia 03		5.00PM	2.52	3.52	3.85
Dia 04		5.00PM	2.84	4.25	5.27
Expansión, %			2.24	3.35	4.15
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,208.0	3,853.0	3,543.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,411.9	8,815.9	7,850.7
03 - Peso del molde (g)			3,960.0	4,675.0	3,955.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,451.9	4,140.9	3,895.7
05 - Peso del agua absorvida (g)			243.9	287.9	352.7
06 - Peso del suelo seco (g)			3,484.6	3,199.1	2,939.3
07 - Absorción de agua (%)			7.0	9.0	12.0

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

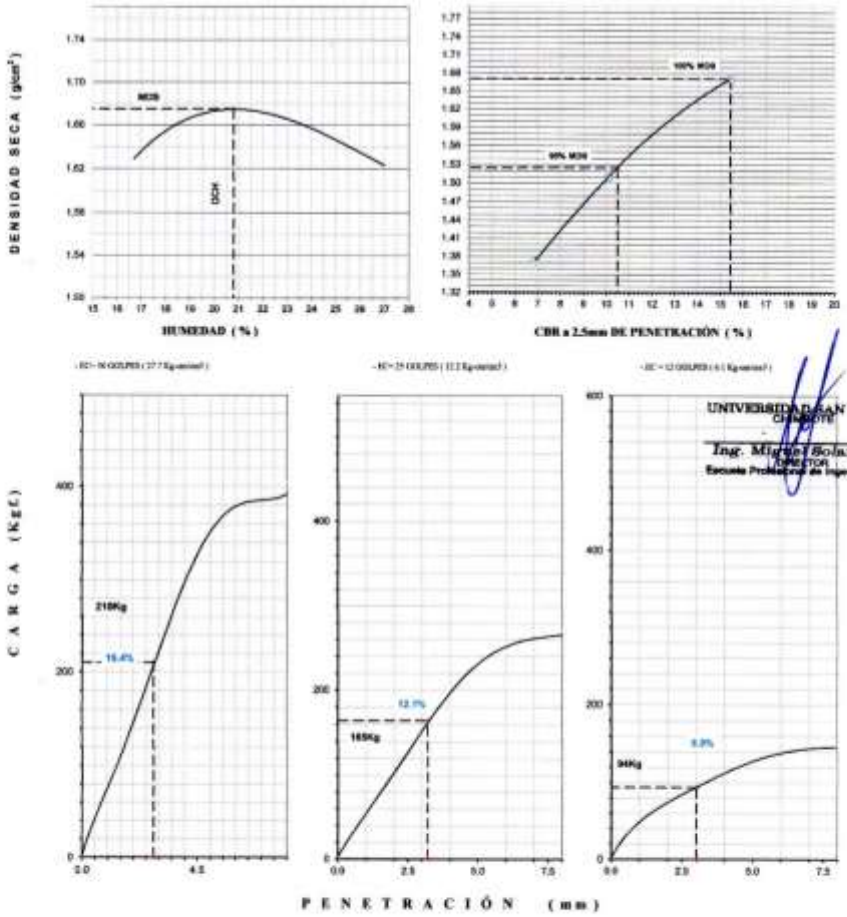
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	7.0	57.7	4.0	44.9	3.0	40.7
1.3	15.0	91.7	8.0	61.9	6.0	53.4
1.9	25.0	134.1	16.0	95.9	10.0	70.4
2.5	39.0	193.64	24.0	129.90	13.0	83.16
3.2	49.0	219.1	31.0	159.6	17.0	100.2
3.8	66.0	304.1	40.0	197.9	20.0	112.9
5.08	75.0	346.6	47.0	227.6	23.0	125.7
7.6	88.0	389.1	56.0	265.9	28.0	146.9
10.16	115.0	516.6	64.0	299.9	31.0	159.6
12.7	129.0	576.1	75.0	346.6	35.0	176.6
Carga [%]	193.64 kgf. [14.2%]		129.9 kgf. [9.5%]		83.16 kgf. [6.1%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DOCENTE
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 21**: Relación de soporte CBR Experimental 8%*

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL-8%

SOLICITA	:	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATAPAYAN EN LA		MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.670
		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	20.8
		CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	15.4
MATERIAL	: TERRENO NATURAL	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	10.5
CALICATA	: I	SUCS : LL : -- IP : -- G_s : --	
UBICACIÓN	: HUARAZ - ANCASH	AASHTO : EMBEBIDO : 4 días EXPANSIÓN :	2.2 %
FECHA : 07-Nov-2023		ABSORCIÓN : 7.0 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	27.8 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 22**: Relación de soporte CBR Experimental 8%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

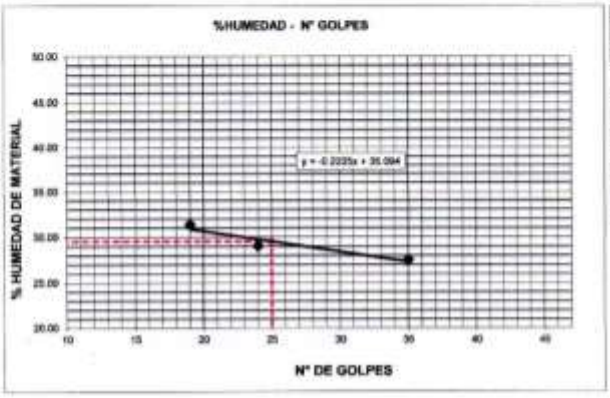
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO-EXPERIMENTAL-10%

(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MUESTRA : TERRENO NATURAL
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	52.09	55.38	58.57	30.06	31.95	31.72
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	45.84	47.73	49.60	28.48	29.87	29.89
PESO DE LA TARA (gr.)	23.14	21.38	21.00	21.78	20.89	22.03
PESO DEL AGUA (gr.)	6.25	7.65	8.97	1.58	2.08	1.83
PESO SUELO SECO (gr.)	22.70	26.35	28.60	6.70	8.98	7.86
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	27.53	29.03	31.36	23.58	23.16	23.28
Nro. DE GOLPES	35	24	19	23.34		



LIMITE LIQUIDO		
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)		
LL	%	29.53

LIMITE PLASTICO		
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)		
LP	%	23.34

INDICE DE PLASTICIDAD		
ASTM D-438		
IP	%	6.19

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DOCENTE
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 23**: Ensayo de Limite Líquido y Limite Plástico Experimental 10%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

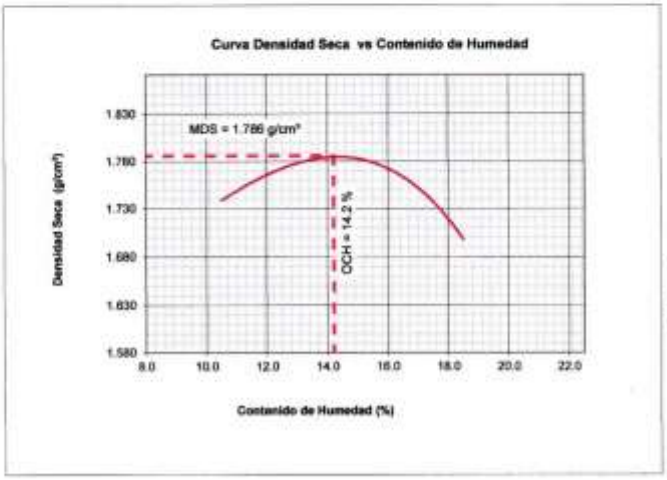
PROCTOR MODIFICADO-EXPERIMENTAL-10%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MATERIAL : SUELO NATURAL
CALICATA : 1
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3775	3860	3901	3860
02 - Peso del Molde (g)	1969.0	1969.0	1969.0	1969.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1806.0	1891.0	1932.0	1891.0
04 - Volumen del Molde (cm^3)	939.7	939.7	939.7	939.7
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm^3)	1.922	2.012	2.056	2.012
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	475.0	565.0	505.0	520.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	450.0	524.0	459.0	470.0
09 - Peso del agua (g)	25.0	41.0	46.0	50.0
10 - Peso del tarro (g)	212.0	210.0	170.0	200.0
11 - Peso suelo seco (g)	238.0	314.0	289.0	270.0
12 - Contenido de Humedad (%)	10.5	13.1	15.9	18.5
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm^3)	1.739	1.779	1.774	1.698

Contenido Optimo Humedad **14.2 %** Densidad Seca Maxima, **1.786 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
Director
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 24**: Ensayo de Proctor Modificado Experimental 10%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL-10%

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN
TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA PROGRESIVA 65+200 AL 67+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO 6%, 8%, 10% - HUARAZ-ANCASH – 2023
MATERIAL : SUELO NATURAL
CALICATA : 1
LUGAR : HUARAZ - ANCASH
FECHA : 07/11/2023

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,422.0	8,400.0	8,335.0
02 - Peso del molde (g)			4,130.0	4,485.0	4,780.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,292.0	3,915.0	3,555.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,112.000	2,117.000	2,140.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			2.032	1.849	1.661
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			500.0	560.0	470.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			458.0	515.0	419.0
09 - Peso del agua (g)			42.0	45.0	51.0
10 - Peso del tarro (g)			165.0	200.0	70.0
11 - Peso suelo seco (g)			293.0	315.0	349.0
12 - Contenido de humedad (%)			14.3	14.3	14.6
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.777	1.618	1.449
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01		5.00PM	0.0	0.0	0.0
Dia 02		5.00PM	1.89	2.12	3.21
Dia 03		5.00PM	2.46	2.96	4.65
Dia 04		5.00PM	2.91	3.58	5.04
Expansión, %			2.29	2.82	3.97
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,292.0	3,915.0	3,555.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,647.2	8,708.3	8,676.2
03 - Peso del molde (g)			4,130.0	4,485.0	4,780.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,517.2	4,223.3	3,896.2
05 - Peso del agua absorvida (g)			225.2	308.3	341.2
06 - Peso del suelo seco (g)			3,753.9	3,425.6	3,101.7
07 - Absorción de agua (%)			6.0	9.0	11.0

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	9.0	66.2	6.0	53.4	3.0	40.7
1.3	18.0	104.4	10.0	70.4	6.0	53.4
1.9	37.0	185.1	21.0	117.2	12.0	78.9
2.5	62.0	248.88	32.0	163.89	18.0	104.40
3.2	68.0	316.9	40.0	197.9	24.0	129.9
3.8	87.0	397.6	51.0	244.6	30.0	155.4
5.08	105.0	474.1	62.0	291.4	36.0	180.9
7.6	125.0	559.1	72.0	333.9	42.0	206.4
10.16	144.0	639.8	82.0	376.3	48.0	231.9
12.7	162.0	716.3	93.0	423.1	54.0	257.4
Carga [%]	248.88 kgf. [18.3%]		163.89 kgf. [12%]			

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Ing. Miguel Sniar Jara
CIP 157...

***Anexo 25**: Relación de soporte CBR Experimental 10%*

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

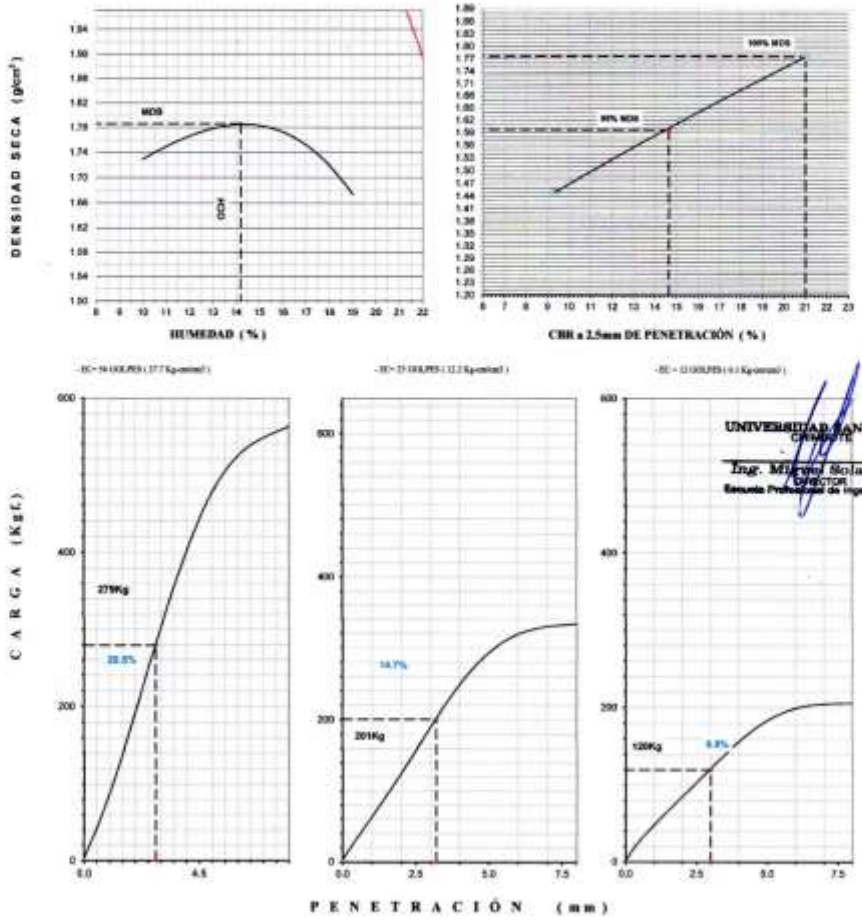
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL-10%

SOLICITA	RURUSH TOSCANO GIANMARCO JHONATAN		
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA ACCESO A ATIPAYAN EN LA			
PROGRESIVA 00+000 AL 07+100, ADICIONANDO CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO			
8%, 9%, 10% - HUARAZ-ANCASH - 2023			
MATERIAL	TERRENO NATURAL		
CALICATA	: 1		
UBICACIÓN	: HUARAZ - ANCASH		
	FECHA : 07-Nov-2023		

METODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)				A
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)				1.788
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				14.2
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)				20.5
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)				14.3
SUCS :	LL : --	IP : --	G_s : --	
AASHTO :	EMBEBIDO : 4 días	EXPANSIÓN :		2.3 %
ABSORCIÓN : 8.0 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN :			20.2 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Marino Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

***Anexo 26**: Relación de soporte CBR Experimental 10%*

***Anexo 27**: En la carretera ATIPAYAN*

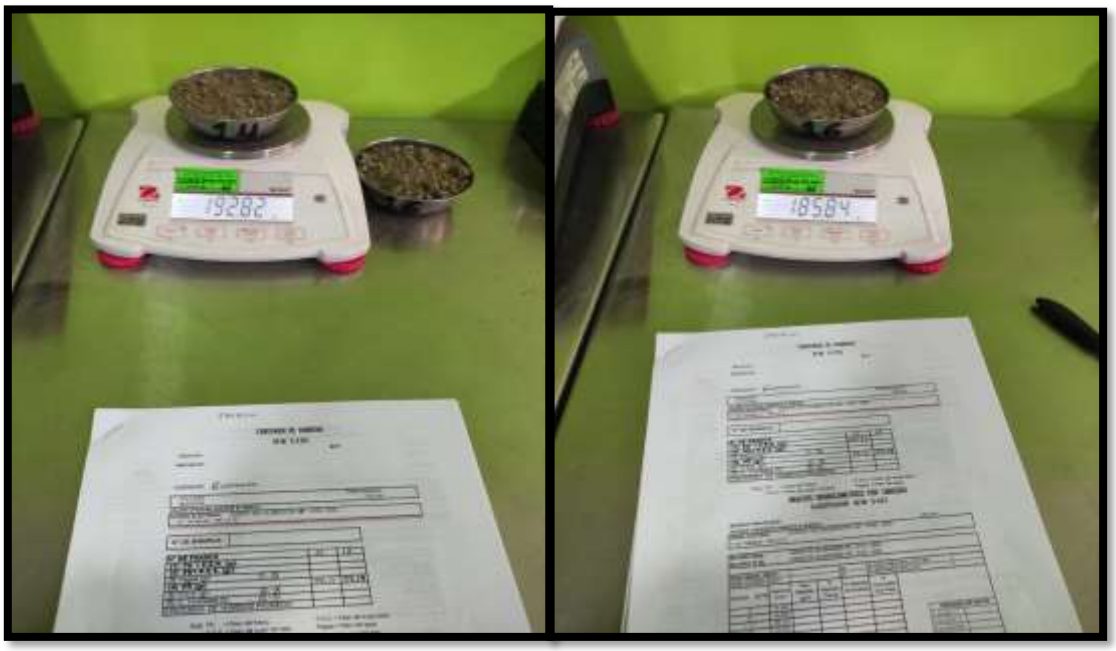
Anexo 28: Excavación de la calicata a 1:50 m

Anexo 29: Excavación de la calicata a 1:50 m

Anexo 30: Ceniza de madera de Eucalipto

Anexo 31: ATIPAYAN – MUESTRA

Anexo 32 y 33: Secado de muestra - Laboratorio



Anexo 34 y 35: Humedad Natural

Anexo 36 y 37: Lavado de muestra usamos el TAMIZ N°200

Anexo 38 y 39: Ponemos la muestra a secar en el HORNO

Anexo 40 y 41: Usamos el tamiz N°40

Anexo 42 y 43: Material tamizado para ensayo de Límites de Plasticidad

Anexo 44 y 45: Análisis granulométrico muestra Patrón

Anexo 46 y 47: Limite Plástico

Anexo 48 y 49: Limite Liquido

Anexo 50 y 51: Limite líquido y Limite plástico muestra Patrón

Anexo 52 y 53: Ingresamos los Ensayos al Horno

Anexo 54 y 55: Proctor modificado método "A" usando 6%,8%,10% de agua en 2500g de muestra Patrón

Anexo 56: Se muestra los moldes de CBR listos para ponerlos al agua Patrón

Anexo 57 y 58: Mezclamos la ceniza con la muestra patrón uniformemente para así proceder con el ensayo de consistencia al 6%.

Anexo 59 y 60: Ensayo de Proctor al 6%, material mezclado uniformemente con ceniza de eucalipto.

Anexo 61 y 62: Ensayo de CBR añadiendo ceniza de eucalipto al 6%

Anexo 63 y 64: Limites de consistencia al 8% de ceniza + muestra Patrón

Anexo 65 y 66: Realizamos el ensayo de Proctor 8% de ceniza + muestra patrón

Anexo 67 y 68: Podemos apreciar el ensayo de CBR al 8% de ceniza + muestra patrón

Anexo 69 y 70: Limites de consistencia al Muestra Patrón +10% de ceniza

Anexo 71 y 72: Ensayo de Proctor al 10% de ceniza + Muestra Patrón

Anexo 73 y 74: Se puede observar la manipulación del equipo CBR y la anotación de los datos obtenidos en este ensayo.